TP 13903F

Comparaison de deux dispositifs de pré-signalement d'arrêt pour autobus scolaires utilisés au Canada : feux jaunes et feux rouges

Préparé pour le
Centre de développement des transports
Transports Canada

par
Jean-François Bruneau, M.Sc.

Septembre 2002

TP 13903F

Comparaison de deux dispositifs de pré-signalement d'arrêt pour autobus scolaires utilisés au Canada : feux jaunes et feux rouges

par
Jean-François Bruneau, M.Sc.

Septembre 2002

ÉQUIPE DE PROJET

Coordination

- Claude Guérette, chef de projet, Centre de développement des transports, Transports Canada
- James White, Transports Canada
- Eduardo Martinez, ministère des Transports du Québec
- Karl Groskopf, ministère des Transports de l'Ontario
- Georges Cyr, Société de l'assurance automobile du Québec
- Joseph Chan, Université de la Saskatchewan
- Kevin McClafferty, Université Western Ontario
- Jean-François Bruneau, Université de Sherbrooke

Équipes de collecte des données

Transportation Centre, Université de la Saskatchewan

- Joseph Chan, directeur de recherche
- Pella Deyell, assistante de recherche
- Tanya Leowen, assistante de recherche
- Grace Lo, assistante de recherche
- Nicole Sawchuk, étudiante, assistante de recherche
- Monica Zasada, assistante de recherche

Accident Research Team, Université Western Ontario

- Kevin McClafferty, directeur de recherche
- Correna Pepper, assistante de recherche

Coopératif de recherche en sécurité routière de l'Université de Sherbrooke

- Jean-François Bruneau, directeur de recherche
- Valérie Barrette, étudiante, assistante de recherche
- Cynthia Boucher, étudiante, assistante de recherche
- Sonia Laforest, assistante de recherche
- Chantale Lavoie, assistante de recherche
- Claude Poulin, assistant de recherche

Les opinions et les vues exprimées dans ce rapport sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre de développement des transports de Transports Canada ou des organismes parrains.

This report is also available in English under the title *Comparison of Two Advance Stop Signalling Systems Used on Canadian School Buses: Amber Lights and Red Lights*, TP 13903E.

103-04769/

Transports Canada / Transport Canada

FORMULE DE DONNÉES POUR PUBLICATION

1. N° de la publication de Transports Canada	2. N° de l'étude	3. N° de catalogue du destinataire
TP 13903F	5240	

4. Titre et sous-titre	5. Date de la publication
Comparaison de deux dispositifs de pré-signalement d'arrêt pour autobus scolaires utilisés au Canada : feux jaunes et feux rouges	Septembre 2002
	6. N° de document de l'organisme exécutant

7. Auteur(s)	8. N° de dossier - Transports Canada
Jean-François Bruneau	ZCD2450-D-420-6

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant	10. N° de dossier - TPSGC
Jean-François Bruneau 2479, rue des Appalaches Ascot, Québec J1H 6M5	11. N° de contrat - TPSGC ou Transports Canada T8200-1-1556

12. Nom et adresse de l'organisme parrain	13. Genre de publication et période visée
Centre de développement des transports (CDT) 800, boul. René-Lévesque Ouest Bureau 600 Montréal (Québec) H3B 1X9	Final
	14. Agent de projet C. Guérette

15. Remarques additionnelles (programmes de financement, titres de publications connexes, etc.)

16. Résumé

Ce rapport examine deux systèmes de pré-signalement d'arrêt utilisés sur les autobus scolaires servant à avertir les conducteurs d'un arrêt imminent de l'autobus : les feux jaunes (système à huit feux) et les feux rouges (système à quatre feux). L'analyse compare l'efficacité relative des deux systèmes à ralentir la vitesse des conducteurs circulant à contresens et à prévenir les dépassements illégaux à l'arrêt. Les trajets empruntent des zones rurales et périurbaines à haute vitesse, munies de deux ou quatre voies de circulation. Les données sur le système à quatre feux (feux rouges) proviennent de l'Ontario et de la Saskatchewan, tandis que les observations sur le système à huit feux (feux jaunes) du Québec. Un système d'acquisition de données a été installé à bord de l'autobus et il combinait les lectures d'un radar à l'image d'une caméra vidéo dirigée vers les véhicules venant à contresens, soit vers l'avant de l'autobus. Les changements de vitesse et les dépassements illégaux à l'arrêt sont analysés sur la base de critères de sélection faisant intervenir la distance d'éloignement entre le véhicule et l'autobus, le temps d'exposition au pré-signalement, et la vitesse des véhicules. Le test des fréquences estimées et des fréquences observées est employé pour valider l'écart statistique entre les deux performances brutes, celle des feux jaunes et celle des feux rouges.

17. Mots clés	18. Diffusion
Autobus scolaire, sûreté, pré-signalement d'arrêt, avertissement d'arrêt, système à quatre feux, système à huit feux, feux jaunes, feux rouges	Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

19. Classification de sécurité (de cette publication)	20. Classification de sécurité (de cette page)	21. Déclassification (date)	22. Nombre de pages	23. Prix
Non classifiée	Non classifiée	—	xviii, 50, ann.	Port et manutention

Transport Canada / Transports Canada

PUBLICATION DATA FORM

1. Transport Canada Publication No.	2. Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 13903F	5240	

4. Title and Subtitle	5. Publication Date
Comparaison de deux dispositifs de pré-signalement d'arrêt pour autobus scolaires utilisés au Canada : feux jaunes et feux rouges	September 2002
	6. Performing Organization Document No.
7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
Jean-François Bruneau	ZCD2450-D-420-6
9. Performing Organization Name and Address	10. PWGSC File No.
Jean-François Bruneau 2479 des Appalaches Ascot, Québec J1H 6M5	11. PWGSC or Transport Canada Contract No. T8200-1-1556
12. Sponsoring Agency Name and Address	13. Type of Publication and Period Covered
Transportation Development Centre (TDC) 800 René Lévesque Blvd. West Suite 600 Montreal, Quebec H3B 1X9	Final
	14. Project Officer C. Guérette

15. Supplementary Notes (Funding programs, titles of related publications, etc.)

16. Abstract

This report compares two advance signalling systems used on school buses to alert motorists that the bus is about to stop: amber lights (eight-light system) and red lights (four-light system). It analyses the relative effectiveness of the two systems in reducing the speed of motorists travelling in the oncoming lane and preventing stopping violations. A variety of routes were studied: high-speed rural and near-urban roads with two and four lanes of traffic. Data from the four-light system (red lights) are from Ontario and Saskatchewan, while eight-light observations (amber lights) are from Quebec. A data collection system was installed on the bus that combined readings from radar and video equipment aimed at traffic in front of the bus. Changes in motorist speed and stopping violations were analysed in relation to selection criteria consisting of distance between the vehicle and the bus, exposure time to the advance signal and vehicle speed. Testing of estimated frequencies and observed frequencies was used to validate the sampling deviation between the two raw performances (amber lights versus red lights).

17. Key Words	18. Distribution Statement
School bus, safety, advance stop signal, stop warning, 4-light system, 8-light system, amber lights, red lights	Limited number of copies available from the Transportation Development Centre

19. Security Classification (of this publication)	20. Security Classification (of this page)	21. Declassification (date)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified	—	xviii, 50, apps	Shipping/ Handling

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à témoigner sa reconnaissance envers la firme Limocar – Autobus de l'Estrie de même qu'à ses employés dévoués, et plus particulièrement aux chauffeurs d'autobus.

Centre de développement des transports
Transports Canada
Ministère des Transports du Québec
Ministère des Transports de l'Ontario
Société de l'assurance automobile du Québec
Université de la Saskatchewan
Université Western Ontario
Université de Sherbrooke

Compagnies d'autobus :

Limocar – Autobus de l'Estrie, Sherbrooke, Québec
Elgie Bus Lines, London, Ontario
Murphy Bus Lines, London, Ontario
Hertz Northern Bus, Saskatoon, Saskatchewan
Buffalo Plains School Division, Regina, Saskatchewan

Étude menée en Saskatchewan :

Fred LeClaire, Buffalo Plains School Division
Sandy Roberts, chauffeur d'autobus, Hertz Northern Bus
Larry Senga, Hertz Northern Bus
Larry Sperling, Hertz Northern Bus
R. W. Walter, Saskatoon West School Division
Lloyd Wildeman, directeur de l'assurance, Saskatchewan School Trustees Association

Étude menée en Ontario :

Ed Baynham, mécanicien, Elgie Bus Lines
Brad Elgie, vice-président, Elgie Bus Lines
John Elgie, président, Elgie Bus Lines
Gary Jasey, directeur scolaire, Thames Valley District School Board
Mike Murphy, secrétaire-trésorier, Murphy Bus Lines
Rob Murphy, directeur adjoint, Murphy Bus Lines
Barrie Woodley, superviseur des transports, Thames Valley District School Board
Linda Zammit, chauffeur d'autobus, Elgie Bus Lines

Étude menée au Québec :

François Brousseau, chef mécanicien, Limocar
Yves Denault, chauffeur d'autobus, Limocar
Jean-Richard Francis, chauffeur d'autobus, Limocar
Jean-Guy Giroux, chauffeur d'autobus, Limocar
René Hallé, directeur de division, Limocar
Denis Marcotte, superviseur, Commission scolaire de la région de Sherbrooke
André Thibault, coordonnateur, Limocar

SOMMAIRE

Genèse de l'étude

En Amérique du Nord, les autobus scolaires sont munis de systèmes de pré-signalement d'arrêt qui préviennent les automobilistes qu'ils devront bientôt s'immobiliser. Le signal d'arrêt obligatoire est donné par le clignotement de feux rouges ou le déploiement d'un panneau d'arrêt escamotable, selon la réglementation en vigueur dans la province ou l'État. Au Canada, il existe deux systèmes de pré-signalement d'arrêt. Le premier consiste en quatre feux jaunes clignotants, intégrés à un système à huit feux, qui sont activés avant les feux rouges, lesquels indiquent que l'autobus est immobilisé. Le conducteur de l'autobus active ces feux jaunes avant de commencer à ralentir. Le système à huit feux est obligatoire dans quatre des 12 provinces et territoires du Canada. À peu près partout ailleurs, les feux rouges clignotants du système à quatre feux servent à la fois de pré-signal et de signal d'arrêt. Ainsi, dans le cas du système à quatre feux, le clignotement des feux rouges n'indique pas nécessairement que l'autobus est arrêté et que le panneau d'arrêt escamotable est déployé. C'est le mouvement de l'autobus qui indique si les feux rouges sont un pré-signal ou un véritable signal d'arrêt. Or, les véhicules ne sont tenus de s'immobiliser que si l'autobus est complètement arrêté. Avec le système à huit feux, le passage des feux jaunes clignotants aux feux rouges clignotants, qui constituent le signal d'arrêt, est déclenché par l'ouverture de la porte de l'autobus. Compte tenu des différentes réglementations en vigueur au Canada et de la taille relative de la population de chaque province et territoire, il y a presque autant d'automobilistes canadiens qui sont prévenus de l'arrêt d'un autobus scolaire par des feux jaunes que par des feux rouges.

Une recherche antérieure a permis de comparer l'efficacité des feux jaunes à celle des feux de détresse, deux systèmes utilisés au Québec pour annoncer un arrêt. L'étude, réalisée dans la région de Sherbrooke au printemps 1998, utilisait des caméras vidéo montées à l'avant et à l'arrière d'autobus scolaires pour évaluer l'efficacité relative des deux systèmes[1]. Cette étude de Transports Canada a révélé que le système à huit feux mène à des ralentissements importants et à une forte diminution des infractions à l'arrêt. Une autre recherche a ensuite été entreprise pour valider les résultats de l'étude de 1998 et pour évaluer les mêmes systèmes dans des conditions de visibilité réduite[2]. Les résultats de cette deuxième étude ont corroboré les conclusions de l'étude de 1998, à savoir la supériorité du système à huit feux.

L'étude de 2001, qui utilisait un radar pour mesurer les ralentissements, a donné lieu à un grand nombre d'observations sur les feux jaunes, observations qui avaient été faites autant en conditions de bonne visibilité que de visibilité réduite. Cette base de données sur les feux jaunes pouvait servir à comparer l'utilisation de feux rouges et de feux jaunes pour pré-signaler un arrêt, à condition que les trajets effectués et la méthode de collecte des données soient en tous points semblables. Seule la couleur des feux pouvait varier. Dès l'amorce de l'étude de 2001, toutes les organisations et provinces participantes ont uni leurs efforts pour mener à bien cette étude comparative. Des équipes de recherche en sécurité routière ont été réunies dans trois universités canadiennes : l'Université de la Saskatchewan, l'Université Western Ontario et l'Université de Sherbrooke. Le ministère des Transports de

---

1 Bruneau, J.-F. (1999a). *Évaluation de deux dispositifs de pré-signalement d'arrêt pour autobus scolaire : le système à huit feux et les feux de détresse*. TP 13346F, Centre de développement des transports, Sécurité et sûreté, Transports Canada, Montréal, p. 48.

2 Bruneau, J.-F., Morin, D., et Pouliot, M. (2001a). *Efficacité du pré-signalement d'arrêt des autobus scolaires dans des conditions difficiles de visibilité : rapport final*. Coopératif de recherche en sécurité routière de l'Université de Sherbrooke, Sherbrooke, p. 55.

l'Ontario (MTO) et le ministère des Transports du Québec (MTQ) ont chacun entrepris la collecte de données dans leurs provinces respectives. Transports Canada a financé la présente analyse ainsi que la collecte de données faite par l'Université de la Saskatchewan.

Buts

L'objectif principal de la présente étude était d'évaluer l'efficacité relative de deux systèmes de pré-signalement d'arrêt utilisés sur les autobus scolaires au Canada – feux jaunes et feux rouges – à réduire la vitesse des véhicules venant à contresens et à prévenir les infractions à l'arrêt.

Le deuxième objectif était de demander aux conducteurs d'autobus qui utilisent des feux rouges pour pré-signaler leur arrêt leurs opinions sur ce système, et de comparer les opinions ainsi recueillies avec celles, déjà obtenues, des conducteurs utilisant des feux jaunes.

Méthodologie

Pour analyser l'efficacité des deux systèmes, il a fallu installer des équipements spéciaux à bord des autobus pour prendre des mesures des différentes situations observables. Un observateur qualifié, assis dans le siège du passager près de la porte, recueillait des données à l'aide d'un enregistreur vidéo radar. Le radar était dirigé vers les véhicules venant à contresens, pour détecter la vitesse de ces véhicules de même que celle de l'autobus. La vitesse de tous les véhicules était mesurée toutes les secondes jusqu'à ce qu'ils se soient immobilisés ou qu'ils aient passé leur chemin. Des repères spéciaux apparaissaient sur l'image vidéo lorsque les feux de pré-signalement clignotaient et lorsque le panneau d'arrêt escamotable était déployé. Les observateurs ont revu toutes les bandes vidéo pour évaluer les distances et dénombrer les cas d'infraction à l'arrêt. Le taux d'infractions à l'arrêt et le taux de ralentissement ont été calculés à partir de critères établis à cette fin.

Le taux de ralentissement a été considéré comme le principal indicateur d'efficacité, car il reflétait l'effet spécifique produit par les deux systèmes de pré-signalement. À l'inverse, les vitesses et événements enregistrés pendant la phase du signal d'arrêt étaient influencés non seulement par le pré-signal, mais aussi par le signal d'arrêt et le panneau d'arrêt escamotable. Les variations de vitesse enregistrées pendant la phase de pré-signalement se sont révélées un très bon indicateur de l'effet spécifique des feux de pré-signalement d'arrêt. L'influence des feux clignotants sur la vitesse d'un véhicule a été mesurée uniquement pour les cas dits valides, c'est-à-dire les véhicules pour lesquels on disposait d'au moins deux écrans radars valides. Le numérateur du rapport d'efficacité est le nombre de véhicules qui ont ralenti d'au moins 10 km/h et le dénominateur, le nombre de véhicules exposés, ou cas valides. L'indice d'efficacité est l'expression sous forme de pourcentage du rapport de risque relatif d'un système et de l'autre : feux jaunes et feux rouges. Par exemple, un rapport de 2 à 1 indique une efficacité de 50 %, et un rapport de 3 à 1, une efficacité de 67 %, et ainsi de suite. La validité statistique de l'indice est donnée par la valeur *p* d'un test du chi-carré appliqué aux «fréquences observées par rapport aux fréquences attendues».

Les deux systèmes ont aussi été comparés sous l'angle des taux d'infractions à l'arrêt. Ces taux sont une indication du risque auquel sont exposés les écoliers qui traversent la chaussée; il y a lieu, toutefois, d'interpréter avec prudence les baisses du taux d'infractions. Un test statistique a été appliqué pour comparer les taux de diminution des infractions avec les feux jaunes et avec les feux rouges, d'après les résultats observés par rapport aux résultats attendus, et un test du chi-carré a permis d'établir à plus de 5 % la validité des valeurs obtenues. Contrairement à la méthode adoptée pour le taux de ralentissement, alors

que seuls les cas valides étaient inclus dans le dénominateur, toutes les 2 838 observations sont ici incluses dans le dénominateur. Pour considérer un événement comme une infraction à l'arrêt, toutes les conditions suivantes devaient être réunies : 1) le véhicule a croisé le pare-chocs avant de l'autobus; 2) les feux rouges clignotants étaient activés; 3) l'autobus était complètement arrêté; 4) le panneau d'arrêt escamotable était en cours de déploiement ou complètement déployé.

Les observations ont eu lieu pendant deux saisons différentes de l'année scolaire, de façon à mettre en évidence l'effet éventuel de l'état de la route. Ainsi, la fin de l'automne, soit quelque temps après le début de l'année scolaire, se caractérise par une faible lumière ambiante et des conditions neigeuses. Quant aux conditions printanières, qui coïncident avec la fin de l'année scolaire, elles sont surtout associées à une bonne clarté et à de bonnes conditions routières. Les trajets d'autobus ont été soigneusement choisis de façon à obtenir la meilleure équivalence entre les données associées aux deux systèmes de pré-signalement. Ces trajets étaient généralement situés dans des zones rurales ou périurbaines, où la vitesse permise variait de 70 km/h à 90 km/h. Le nombre de voies à contresens est le principal paramètre utilisé pour départager les observations, car c'est celui qui a eu l'influence la plus marquante sur les infractions à l'arrêt. Sauf quelques exceptions, la visibilité était bonne au point d'arrêt et il y avait peu de courbes ou de pentes. Il a été possible de trouver en Ontario et, jusqu'à un certain point, en Saskatchewan, des trajets similaires à ceux du Québec. Malgré la difficulté de reproduire parfaitement la méthodologie (équipement embarqué, techniques de revue des bandes vidéo, gestion des fichiers), il a été possible d'arriver à une comparaison valable des deux systèmes dans trois provinces différentes, et de réunir un grand nombre d'observations valides.

Résultats

Deux grands résultats résument toute la question des changements de vitesse et autres manœuvres des automobilistes pendant la phase du pré-signal d'arrêt. Dans la majorité des cas, les feux jaunes ont fait ralentir autant, sinon plus, de véhicules que les feux rouges, et ils ont permis à un plus grand nombre d'automobilistes de dépasser l'autobus pendant la phase d'avertissement (51 % par rapport à 30 %), ce qui permet de penser que la circulation était plus fluide.

Les feux jaunes ont produit des résultats cohérents pendant toute l'étude. Les tendances demeuraient les mêmes dans toutes les situations, peu importe le nombre de voies. La seule irrégularité affichée par le profil «feux jaunes» avait trait au degré de fluidité observé sur les routes à quatre voies (deux voies à contresens). Les feux rouges ont produit des résultats qui variaient en fonction du nombre de voies.

Sur les routes à deux voies, les feux rouges de pré-signalement ont fait ralentir 73 % des automobilistes et 87 % de ceux-ci sont restés en avant de l'autobus, soit immobilisés, soit en mouvement. Les feux jaunes avaient tendance à laisser passer une proportion importante des véhicules – 44 % ont dépassé l'autobus comparativement à seulement 13 % dans le cas des feux rouges. Par contre, l'un et l'autre système se sont montrés très efficaces à faire ralentir les véhicules sur les routes à deux voies (moyenne de 69 %), ce qui donne à penser que le ralentissement est un phénomène généralisé, même si les véhicules continuaient à dépasser l'autobus pendant une phase de pré-signalement avec feux jaunes.

Sur les routes à quatre voies, le profil «feux jaunes» était essentiellement le même, tandis que le profil «feux rouges» était passablement différent. Lorsqu'il y avait deux voies à contresens, les feux rouges faisaient ralentir moins d'automobilistes (42 %) et une proportion moindre de ceux-ci restaient en avant de l'autobus (59 %). Les feux jaunes ont

continué de laisser passer une proportion importante des véhicules, en fait plus de la moitié (54 %), malgré un taux de ralentissement élevé (64 %).

De l'examen de l'ensemble de la base de données, il ressort que les feux jaunes sont plus efficaces à faire ralentir les véhicules, leur indice d'efficacité s'élevant à 11 % à cet égard. L'indice d'efficacité du système à feux jaunes a été supérieur à celui du système à feux rouges dans les conditions suivantes : deux voies à contresens (+ 34 %), circulation intense (+ 47 %) et proximité de zones urbaines (+ 40 %). Si on ajoute à ces conditions d'autres variables, comme l'état de la route et les conditions d'observation, les feux jaunes se sont révélés significativement plus efficaces, sur le plan statistique, dans 17 des 82 combinaisons différentes de conditions routières et de conditions d'observation analysées. De plus, l'indice d'efficacité des feux jaunes augmente à mesure que le taux de ralentissement considéré augmente (20 km/h, 30 km/h, ainsi de suite). Les feux jaunes ont produit des ralentissements plus importants que les feux rouges, peu importe la durée de l'exposition au pré-signal. Les ralentissements moyens pendant la phase du pré-signal sont de 28 km/h à 32 km/h en présence de feux jaunes, et de 10 km/h à 12 km/h en présence de feux rouges. Lorsqu'on examine l'évolution des vitesses estimatives des véhicules à chaque seconde de la phase de pré-signalement, la vitesse moyenne, avec les feux jaunes, diminue de 5 km/h par seconde en moyenne, pour atteindre un point bas moyen de 28 km/h après 10 secondes. Avec les feux rouges, la vitesse moyenne demeure à 60 km/h après 10 à 11 secondes de pré-signal, et elle ne diminue de façon significative qu'après 12 secondes.

En ce qui a trait aux infractions à l'arrêt, le taux d'infractions global observé a été de 3,6 %, soit 4,3 % dans le cas des feux rouges et 2,8 % dans le cas des feux jaunes – une différence de 1,5 point de pourcentage. Ces pourcentages sont faibles et comparables à ceux enregistrés au cours des études précédentes. Le facteur qui influe le plus sur les infractions à l'arrêt est le nombre de voies. Ainsi, deux voies à contresens représentaient un risque beaucoup plus grand qu'une seule voie à contresens. Les infractions à l'arrêt atteignaient 5,4 % sur les routes à deux voies à contresens, par rapport à 1,6 %, sur les routes à une seule voie à contresens. Le taux élevé d'infractions sur les routes à deux voies à contresens peut s'expliquer par l'espace entre l'autobus et les véhicules venant en sens inverse – il y a parfois jusqu'à deux voies libres entre les véhicules – et par le meilleur angle de vision dont bénéficient les automobilistes venant à contresens. La méconnaissance du règlement peut aussi jouer un rôle.

Les arrêts dit rapprochés, c'est-à-dire espacés de moins de 50 m, selon la définition utilisée aux fins de la présente étude, étaient également associés à un plus grand risque d'infraction. Ces arrêts ont été étudiés séparément des autres (plus espacés), parce qu'ils produisaient un taux d'infractions de 10 % sur les routes à quatre voies (deux voies à contresens), avec les feux jaunes, ce qui laisse penser que ce type de situation crée une grande confusion pour les automobilistes venant à contresens.

Questionnaire

Le questionnaire de l'étude de 1998 a été légèrement modifié et soumis à 159 conducteurs d'autobus qui utilisaient des feux rouges pour annoncer leur arrêt. Leurs réponses ont été fusionnées avec celles du questionnaire de 1998, qui avait été rempli par 181 conducteurs qui utilisaient des feux de détresse ou des feux jaunes en guise de pré-signal d'arrêt. Selon plus de 90 % des répondants, un pré-signal est absolument nécessaire et celui-ci devrait être normalisé à l'échelle du Canada. Ils estiment que les automobilistes ont une connaissance moyenne de la réglementation touchant les autobus scolaires et qu'un effort de sensibilisation s'impose.

Conclusion

Les deux systèmes se sont révélés quasi équivalents en ce qui a trait au risque auquel est exposé un écolier lorsqu'il traverse la chaussée. L'analyse de la base de données n'a révélé aucune différence marquante pour ce qui est de la prévention des infractions à l'arrêt, mais a mis en évidence un écart statistiquement significatif de 1,5 point de pourcentage en faveur des feux jaunes, pour ce qui est du taux de dépassement de l'autobus. Les feux jaunes ont été 11 % plus efficaces que les feux rouges à faire ralentir de 10 km/h et plus les véhicules venant en sens inverse, la vitesse initiale étant celle mesurée au début de la phase de pré-signalement, à tous les endroits et dans toutes les conditions routières. Pour ce qui est du questionnaire rempli par les conducteurs des autobus scolaires, les réponses obtenues ont confirmé celles du premier questionnaire. Les conducteurs d'autobus scolaires sont en faveur d'un système normalisé de pré-signalement à l'échelle du Canada, et ils notent de la confusion et une méconnaissance de la législation concernant la sécurité des autobus scolaires de la part des automobilistes en général.

Recommandations

Le pré-signalement d'arrêt devrait être obligatoire à la grandeur du pays, parce qu'il améliore la sécurité des écoliers, surtout de ceux qui traversent la chaussée aux arrêts d'autobus. On devrait choisir, pour le système normalisé et obligatoire, des feux jaunes (système à huit feux) parce que ceux-ci se sont révélés légèrement supérieurs aux feux rouges et par souci d'harmonisation avec les États-Unis, les feux jaunes étant utilisés dans près de 100 % des États américains. Les feux jaunes ne présentent aucun inconvénient et ils sont de nature à réduire la confusion des automobilistes. Il est urgent de mettre en place un équipement et une procédure normalisés de pré-signalement au Canada et de mener en parallèle une campagne nationale de sensibilisation des automobilistes.

Les messages affichés à l'arrière des autobus scolaires, du type «Arrêtez aux signaux clignotants» devraient être formulés différemment, pour qu'ils tiennent compte du système de pré-signalement en usage et qu'ils indiquent clairement aux automobilistes ce qu'ils doivent faire lorsque l'autobus est sur le point de s'arrêter. Des recherches s'imposent pour améliorer la sécurité aux arrêts d'autobus rapprochés, compte tenu du taux élevé d'infractions à l'arrêt observées au cours de la présente étude.

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction 1

1.1 Aperçu 1
1.2 Objectifs 1
1.3 Portée de la recherche 1
1.4 Organisation du rapport 2

2 Cadre de l'étude 3

2.1 Systèmes de signalement des autobus scolaires 3
2.1.1 Système à quatre feux (feux rouges) 3
2.1.2 Système à huit feux (feux jaunes) 3
2.1.3 Feux de détresse ou autres moyens de signalement 3
2.2 Réglementation en matière de pré-signalement 4
2.3 Recherche antérieure 5
2.3.1 Équipement de signalisation pour autobus scolaire 5
2.3.2 Absence de pré-signal 5
2.3.3 Comparaison des feux jaunes et des feux de détresse 6
2.4 Comparaison des avantages possibles 6

3 Méthodologie 9

3.1 Collecte des données 9
3.1.1 Procédure générale 9
3.1.2 Équipes de collecte 11
3.1.3 Matériel de collecte des données 11
3.1.4 Période de l'année 13
3.1.5 Trajets observés 13
3.2 Paramètres 15
3.2.1 Environnement routier 15
3.2.2 Visibilité 17
3.2.3 Repères chronologiques 17
3.2.4 Durée d'exposition au signal 17
3.2.5 Distances 18
3.2.6 Vitesse 19
3.2.7 Actions des automobilistes 19
3.3 Base de données 20
3.3.1 Critères de sélection des observations 20
3.3.2 Nombre d'observations 20
3.3.3 Évaluation du ralentissement 21
3.3.4 Évaluation des infractions à l'arrêt 22
3.4 Paramètres associés à la conduite de l'autobus 22

3.5 Limites de la méthodologie 25
3.5.1 Trajets comparables 25
3.5.2 Impact du pré-signalement sur les infractions à l'arrêt 25
3.5.3 Réglages du radar 26
3.6 Méthodologie – enquête sur les chauffeurs d'autobus 26

4 Résultats 29

4.1 Variation de vitesse durant le pré-signal 29
4.1.1 Vitesse moyenne des véhicules en rapprochement 30
4.1.2 Efficacité à faire ralentir les automobilistes 30
4.1.3 Ralentissement selon la durée d'exposition au pré-signal 32
4.1.4 Importance des ralentissements 33
4.2 Événements durant le pré-signalement 34
4.3 Ralentissements durant le signal d'arrêt 35
4.4 Taux d'infractions à l'arrêt 35
4.4.1 Influence des feux sur l'incidence des infractions à l'arrêt 36
4.5 Questionnaire adressé aux chauffeurs d'autobus 37
4.5.1 Perception de la normalisation par les chauffeurs 37
4.5.2 Techniques de pré-signalement 37
4.5.3 Perception de l'efficacité du pré-signalement par les chauffeurs 37
4.5.4 Infractions à l'arrêt remarquées par les chauffeurs 38
4.5.5 Commentaires des chauffeurs 38

5 Discussion des résultats 39

6 Conclusion 43

7 Recommandations 45

Références 47

Annexes

A Formules de collecte des données
B Nombre d'automobilistes venant en sens contraire (observations)
C Taux de ralentissement et efficacité à faire ralentir les automobilistes
D Taux d'infractions à l'arrêt
E Questionnaire aux chauffeur d'autobus et fréquence des réponses

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Montage vu de l'extérieur et configuration des feux de signalement 10

Figure 2 Montage à l'intérieur de l'autobus 10

Figure 3 Image vidéo des bandes de données : utilisation des feux jaunes indiquée par le titre «JAUNE» 11

Figure 4 Image vidéo des bandes de données : utilisation des feux rouges indiquée par le titre «ROUGE» 12

Figure 5 Antenne du radar montée à l'horizontale, du côté gauche 12

Figure 6 Taux d'observations selon la durée d'exposition au pré-signal..... 18

Figure 7 Durée du pré-signal 23

Figure 8 Durée du signal d'arrêt..... 24

Figure 9 Distance parcourue par l'autobus durant le pré-signal 24

Figure 10 Vitesse de l'autobus au début du pré-signal 25

Figure 11 Vitesse moyenne des automobilistes durant le pré-signal 30

Figure 12 Ralentissement moyen selon la durée de l'exposition au pré-signal 33

Figure 13 Ralentissement total durant le pré-signal..... 34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Législation sur les systèmes de pré-signalement au Canada (non officiel) 4

Tableau 2 Quelques faits sur la collecte des données (2000-2001)..... 14

Tableau 3 Paramètres par catégorie et groupe utilisés dans l'analyse. 16

Tableau 4 Nombre d'observations selon le type de pré-signal 21

Tableau 5 Valeurs moyennes des paramètres de conduite de l'autobus par type de pré-signal 23

Tableau 6 Variation de vitesse des automobiles à contresens durant le pré-signal 29

Tableau 7 Efficacité à faire ralentir les automobilistes (conditions établies par une valeur *p* de 0,05 ou plus) 31

Tableau 8 Efficacité à faire ralentir les automobilistes, réductions de l'ordre de 10 km/h à 90 m/h 32

Tableau 9 Actions des automobilistes durant le pré-signal 34

Tableau 10 Taux d'infractions à l'arrêt selon le nombre de voies à contresens 35

Tableau 11 Efficacité à réduire les infractions à l'arrêt (conditions routières selon une valeur *p* de 0,05 ou plus).....36

GLOSSAIRE

Automobiliste	Dans le présent rapport, le terme «automobiliste» désigne les conducteurs des véhicules circulant à contresens de l'autobus scolaire.
Chauffeur	Dans le présent rapport, le terme «chauffeur» désigne la personne qui conduit l'autobus scolaire et la distingue ainsi des autres conducteurs ou automobilistes qui croisent l'autobus.
Feux de détresse	Système de signal d'avertissement équipant tous les véhicules routiers et servant à indiquer un risque ou un danger. Lorsque la commande des feux de détresse est actionnée, les feux de direction gauche et droit clignotent simultanément. La NSVAC 108 stipule que tous les véhicules automobiles autres qu'une motocyclette doivent être munis de tels feux.
Feux jaunes	Système d'avertissement composé de quatre feux jaunes montés à l'avant et à l'arrière du véhicule, à chaque coin, juste au-dessous de la ligne du toit, et clignotant en alternance une fois activés. Ces feux sont toujours associés à un système à huit feux; leur seul rôle est de fournir un pré-signalement.
Feux rouges	Ce sont les feux rouges clignotants utilisés à des fins de pré-signalement de l'arrêt d'un autobus scolaire s'approchant de l'endroit où le chauffeur fera monter ou descendre des écoliers. Les feux rouges continuent de clignoter une fois l'autobus arrêté. Ces feux rouges font partie de l'équipement obligatoire de tous les autobus scolaires. Lorsque ces feux sont utilisés comme moyen de pré-signalement, on les appelle système à quatre feux.
Infraction à l'arrêt	Abstention, par un automobiliste, de s'immobiliser en présence d'un autobus scolaire arrêté et dont les indicateurs d'arrêt sont activés, accompagnée d'un dépassement illégal de l'autobus.
Panneau d'arrêt escamotable	Système mécanique de signalement installé à l'extérieur du côté gauche de l'autobus, près du siège du chauffeur. Il consiste en un panneau de signal d'arrêt muni de deux feux rouges qui clignotent en alternance, monté sur un bras articulé rétractable. Le déploiement du bras est synchronisé avec l'ouverture et la fermeture de la porte. Dans le cas d'un autobus muni d'un système à huit feux, le déploiement du bras est commandé par un contact actionné par le passage des feux jaunes clignotants aux feux rouges clignotants.
Pré-signalement	Utilisation de feux clignotants sur un autobus scolaire, par le chauffeur, pour avertir les autres automobilistes qu'il est sur le point de s'immobiliser pour faire monter ou descendre des écoliers et qu'il va activer les feux d'arrêt de l'autobus pour imposer un arrêt obligatoire à tous les autres véhicules. Le pré-signalement est mis en œuvre pendant que l'autobus est en mouvement et se prépare à arrêter. Selon la réglementation pertinente, le chauffeur active les feux rouges, jaunes ou de détresse. La phase de pré-signalement se termine lorsque l'autobus est totalement arrêté, que les clignotants jaunes sont remplacés par les rouges et que le panneau d'arrêt escamotable est déployé.

Système à huit feux	Système de signalement d'autobus scolaire composé d'une paire de feux jaune et rouge montés à l'avant et à l'arrière du véhicule à chaque coin, juste au-dessous de la ligne du toit, et clignotant en alternance, de gauche à droite. Le clignotement des feux jaunes indique l'imminence d'un arrêt; les feux rouges clignotent lorsque l'autobus est arrêté, indiquant ainsi qu'il a fait un arrêt complet. Le système à huit feux est prescrit par la *Norme de sécurité des véhicules automobiles du Canada* (NSVAC) 108, *Système d'éclairage et dispositifs rétroréfléchissants*, en remplacement du système à quatre feux faisant partie de l'équipement obligatoire de tous les autobus scolaires neufs fabriqués ou importés au Canada.
Système à quatre feux	Système d'avertissement composé de quatre feux rouges montés à l'avant et à l'arrière de l'autobus, à chaque coin, juste au-dessous de la ligne du toit, et clignotant en alternance une fois activés. Ce système est utilisé pour indiquer un arrêt obligatoire ou pour signaler l'imminence d'un arrêt, selon la situation (voir «Feux rouges»). C'est un des deux systèmes de feux d'avertissement prescrits dans la NSVAC 108 (voir «Système à huit feux»).
Taux de ralentissement	Le taux de ralentissement est une mesure de l'efficacité des feux, exprimée par le nombre de véhicules en rapprochement qui réduisent leur vitesse d'au moins 10 km/h à partir du début de l'activation du pré-signal d'arrêt, divisé par le nombre de véhicules en rapprochement pour lesquels on dispose d'au moins deux vitesses approximatives valides recueillies par le radar durant le fonctionnement du système de pré-signalement.

1 INTRODUCTION

1.1 Aperçu

En Amérique du Nord, les autobus scolaires sont munis de systèmes de pré-signalement d'arrêt qui préviennent les automobilistes qu'ils devront bientôt s'immobiliser. Le signal d'arrêt obligatoire est donné par le clignotement de feux rouges et/ou le déploiement d'un panneau d'arrêt escamotable, selon la réglementation en vigueur dans la province ou l'État. Au Canada, on utilise principalement deux systèmes de pré-signalement d'arrêt : le système à huit feux et le système à quatre feux. Le premier consiste en quatre feux jaunes clignotants, intégrés à un système à huit feux, qui sont activés avant les feux rouges, lesquels indiquent que l'autobus est immobilisé. Le chauffeur de l'autobus active ces feux jaunes avant de commencer à ralentir. Le système à huit feux est obligatoire dans quatre des 12 provinces et territoires du Canada. Dans la plupart des autres provinces, on utilise le système à quatre feux rouges clignotants, qui servent à la fois de pré-signal et de signal d'arrêt. Le Québec permet, mais n'oblige pas, l'utilisation du pré-signalement. Ainsi, avec le système à quatre feux, le clignotement des feux rouges n'indique pas nécessairement que l'autobus est arrêté. C'est le mouvement ou l'absence de mouvement de l'autobus qui indique que le système est en phase de pré-signalement ou de signal d'arrêt. Les autres véhicules doivent s'immobiliser seulement si l'autobus est à l'arrêt complet. Dans le cas du système de pré-signalement à huit feux, dont quatre feux rouges, c'est le début du clignotement des feux rouges, après les feux jaunes, qui constitue le signal d'arrêt. Le passage des feux jaunes aux feux rouges clignotants est déclenché par l'ouverture de la porte de l'autobus. Compte tenu des différentes réglementations en vigueur au Canada et de la taille relative de la population de chaque province et territoire, il y a presque autant d'automobilistes canadiens qui sont prévenus de l'arrêt d'un autobus scolaire par des feux jaunes que par des feux rouges. Au Canada, l'emploi de deux moyens différents pour communiquer le même message aux automobilistes soulève deux interrogations, d'abord sur la pertinence de l'utilisation des deux systèmes, ensuite sur l'efficacité relative de l'un par rapport à l'autre.

1.2 Objectifs

L'objectif principal de la présente étude était d'évaluer l'efficacité relative des deux systèmes de pré-signalement d'arrêt les plus couramment utilisés sur les autobus scolaires au Canada – feux jaunes et feux rouges – à réduire la vitesse des véhicules venant à contresens et à prévenir les infractions à l'arrêt. L'étude visait ensuite à connaître l'opinion des chauffeurs d'autobus qui utilisent les feux rouges pour pré-signaler leur arrêt et à comparer ces opinions avec celles, déjà connues, des chauffeurs utilisant les feux jaunes et ayant répondu à un questionnaire similaire.

1.3 Portée de la recherche

Une recherche antérieure a permis de comparer l'efficacité des feux jaunes par rapport à celle des feux de détresse, deux systèmes utilisés au Québec pour annoncer un arrêt. L'étude, réalisée dans la région de Sherbrooke au printemps 1998, utilisait une installation de caméras vidéo montées à l'avant et à l'arrière de divers autobus scolaires pour examiner l'efficacité relative des deux systèmes (Bruneau, 1999a). Cette étude de Transports Canada

a révélé que le système avec feux jaunes mène à des ralentissements importants et à une forte diminution des infractions à l'arrêt. Une nouvelle recherche a ensuite été entreprise pour valider les résultats de l'étude de 1998 et pour évaluer les mêmes systèmes dans des conditions de visibilité réduite (Bruneau et coll., 2001a). Les résultats de cette deuxième étude ont corroboré les conclusions de l'étude de 1998, à savoir la supériorité du système à huit feux.

Le projet de 2001, qui utilisait un radar pour mesurer les ralentissements, a donné lieu à un grand nombre d'observations sur les feux jaunes, observations qui avaient été faites autant en conditions de bonne visibilité que de visibilité réduite. Cette base de données sur les feux jaunes pouvait servir à comparer l'utilisation des feux rouges et des feux jaunes pour pré-signaler un arrêt, à condition que les trajets effectués et la méthode de collecte des données soient en tous points semblables. Seule la couleur des feux pouvait varier. Dès l'amorce de l'étude de 2001, toutes les organisations et provinces participantes ont uni leurs efforts pour mener à bien cette recherche comparative. Des équipes de recherche en sécurité routière ont été réunies dans trois universités canadiennes : l'Université de la Saskatchewan, l'Université Western Ontario et l'Université de Sherbrooke. Le ministère des Transports de l'Ontario (MTO) et le ministère des Transports du Québec (MTQ) ont chacun entrepris la collecte de données dans leur province respective. Transports Canada a financé la présente analyse ainsi que la collecte des données faite par l'Université de la Saskatchewan.

1.4 Organisation du rapport

Le rapport comprend trois grandes divisions, le cadre de l'étude, la méthodologie et les résultats. Celle portant sur le cadre explique les résultats obtenus dans des rapports antérieurs en plus de renfermer des considérations générales sur la réglementation en la matière. Cette division présente également les avantages possibles des systèmes de pré-signalement.

Dans la division sur la méthodologie, on décrit dans un premier temps la méthode de collecte de données, les équipes de recherche qui y ont participé, les procédures générales et les types d'équipements embarqués dans les véhicules. Les paramètres mesurés sont décrits, avec présentation des critères retenus pour chaque catégorie de paramètres. Une partie sur la base de données énumère les critères sur lesquels on s'est fondé pour retenir les données des observations ainsi que les traitements statistiques qui leur ont été appliqués. Les paramètres de conduite des autobus reflètent la technique de pré-signalement utilisée par le chauffeur d'autobus, cette approche visant à déterminer si les deux systèmes ont été mis à l'essai dans les mêmes conditions. L'observation a porté sur les éléments suivants : vitesse de l'autobus au début de la mise en œuvre du pré-signal, durée du pré-signal, distance parcourue pendant son utilisation. La dernière partie de la division sur la méthodologie décrit les problèmes potentiels auxquels des solutions spécifiques ont été appliquées. Les problèmes majeurs étaient : recherche de trajets acceptables, réglage du radar, difficulté d'évaluer les infractions à l'arrêt.

Enfin, la division sur les résultats présente les variations de vitesse et les autres événements qui accompagnaient les deux phases du processus d'arrêt que constituent le pré-signalement et le signalement d'arrêt.

2 CADRE DE L'ÉTUDE

2.1 Systèmes de signalement des autobus scolaires

Tous les autobus circulant sur une voie publique au Canada doivent, avant de laisser monter ou descendre des écoliers, déployer un panneau d'arrêt escamotable et activer des feux clignotants rouges pour indiquer aux véhicules venant de toutes les directions de s'immobiliser. Il existe cependant des exceptions à cette règle, par exemple si la voie occupée par l'autobus est séparée de la circulation à contresens par un terre-plein central ou par une rambarde; de plus, certaines municipalités peuvent interdire l'utilisation d'un signal d'arrêt d'autobus scolaire à l'intérieur des limites de la ville.

2.1.1 Système à quatre feux (feux rouges)

Tous les autobus scolaires sont équipés d'un système de base à quatre feux, constitué de deux feux rouges à l'avant et de deux feux rouges à l'arrière, identiques. Sauf exceptions mentionnées plus haut, le clignotement des feux signifie que tous les véhicules doivent s'immobiliser. Il arrive que les chauffeurs des autobus ainsi équipés utilisent les feux rouges comme pré-signalement. Dans certaines provinces, cette pratique est requise par la loi. Le chauffeur active les feux lorsqu'il se prépare à s'arrêter; le signal d'arrêt devient «officiel» une fois le véhicule à l'arrêt complet et/ou le panneau d'arrêt escamotable déployé, selon la réglementation provinciale en vigueur.

2.1.2 Système à huit feux (feux jaunes)

Ce système comprend quatre feux jaunes, activés avant les feux rouges d'arrêt. Les feux jaunes jouent ici le même rôle que le feu jaune des feux de circulation, bien que pour les autres conducteurs, les arrêts des autobus sont plus difficiles à interpréter parce que l'autobus est en mouvement.

2.1.3 Feux de détresse ou autres moyens de signalement

En Alberta et au Québec, il est interdit d'utiliser les feux rouges comme moyen de pré-signalement. Dans cette dernière province, le pré-signalement n'est pas obligatoire mais la majorité des chauffeurs d'autobus le mettent en pratique.

Au Québec, les feux de détresse, aussi appelés feux multiclignotants, sont utilisés pour avertir d'un arrêt imminent. Les chauffeurs d'autobus considèrent cette pratique comme essentielle vu l'interdiction d'utiliser les feux de détresse à cette fin. Les autorités la tolèrent, parce que les feux de détresse ne devraient être employés qu'en cas d'urgence ou de danger. Certains chauffeurs des autobus équipés des feux jaunes utiliseront à la fois ces derniers et les feux de détresse pour signaler à l'avance qu'ils sont sur le point de s'immobiliser. Bien que les feux de détresse arrière soient à la hauteur des yeux de l'automobiliste se trouvant immédiatement derrière l'autobus, les autres conducteurs, qui sont derrière cet automobiliste, peuvent avoir de la difficulté à les voir. Le clignotement simultané de différents types de feux est une source possible de confusion pour les automobilistes. Les chauffeurs d'autobus utilisent aussi les feux de détresse aux passages à niveau ou pour indiquer qu'ils ralentissent dans une pente par exemple.

Certains chauffeurs d'autobus utilisent probablement encore l'indicateur de changement de direction de droite pour avertir les autres qu'ils vont s'immobiliser. Or, ce signal indiquant normalement que l'autobus fera un virage à droite, la pratique peut susciter une réaction indésirable de la part des automobilistes, qui pourraient être tentés de le doubler par la gauche, et plus particulièrement si l'autobus dévie légèrement vers le côté droit de la route. De plus, les automobilistes ne comprennent pas le message que veut donner cette utilisation du signal de virage à droite, pas plus qu'ils ne s'y attendent.

2.2 Réglementation en matière de pré-signalement

Le système à huit feux est actuellement utilisé presque partout en Amérique du Nord. Aux États-Unis, son utilisation est systématique, sauf au Wisconsin (Gauthier, 2001) et dans la moitié du Canada (Guérette, 1998). Dans l'autre moitié du Canada, la réglementation permet d'utiliser les clignotants rouges pour signaler qu'on va s'immobiliser. L'emploi des feux rouges comme pré-signalement semble unique au Wisconsin et à des parties du Canada. Récemment, la Californie a changé progressivement le système à huit feux : une modification, adoptée en 1990, exigeait que tous les nouveaux autobus soient équipés du système à huit feux. L'application s'est effectuée sans que des changements soient apportés aux autobus existants. L'intervalle de transition correspondait à la durée de vie d'un autobus et a coïncidé avec le renouvellement du parc de véhicules.

Le tableau 1 résume les législations provinciales et territoriales sur les systèmes de pré-signalement. Le Québec et l'Alberta sont les deux seules provinces ou le pré-signalement n'est pas obligatoire. Toutes les autres provinces exigent un équipement et/ou des méthodes de pré-signalement. Le système à huit feux est obligatoire dans les provinces maritimes suivantes : Île-du-Prince-Édouard, Nouveau-Brunswick et Nouvelle-Écosse. Les feux jaunes sont aussi obligatoires au Manitoba. Ils sont «permis» au Québec, en Alberta, en Colombie-Britannique et dans les Territoires du Nord-Ouest. Les provinces et les territoires qui permettent ou exigent les feux jaunes comptent pour 8 des 13 compétences (62 %).

Tableau 1 Législation sur les systèmes de pré-signalement au Canada (non officiel)

Province ouTerritoire	Feux de détresse	Feux jaunes	Feux rouges
Yukon			obligatoire
Territoires du Nord-Ouest		permis	obligatoire
Colombie-Britannique		permis	obligatoire
Alberta		permis[2]	
Manitoba		obligatoire	
Saskatchewan			obligatoire
Ontario			obligatoire
Québec[1]	permis	permis	
Nouveau-Brunswick		obligatoire	
Île-du-Prince-Édouard		obligatoire	
Nouvelle-Écosse		obligatoire	
Terre-Neuve			obligatoire
Nunavut	statut inconnu		

1 Section 34, *Règlement sur les véhicules routiers affectés au transport des élèves* (OC 285-97, 5 mars, 1997).

2 Devient obligatoire si l'autobus est équipé de feux jaunes. Plus de 80 % des véhicules du parc de l'Alberta sont équipés de feux jaunes.

Le système à quatre feux ainsi que l'utilisation des feux rouges comme de moyen de pré-signalement sont obligatoires en Ontario, en Saskatchewan, en Colombie-Britannique, à Terre-Neuve et dans deux territoires. Ces compétences couvrent environ la moitié de la population du Canada.

2.3 Recherche antérieure

2.3.1 Équipement de signalisation pour autobus scolaire

La recherche antérieure a tenté de déterminer l'efficacité relative de l'équipement de signalisation des autobus scolaires. Selon Hale et coll. (1983), le panneau d'arrêt escamotable est le seul dispositif qui réduit de manière appréciable le taux d'infractions à l'arrêt. Or, l'étude s'est penchée sur différentes combinaisons de matériels. Le seul système à panneau d'arrêt escamotable qui a été essayé comprenait des feux jaunes d'avertissement et des feux rouges d'arrêt. Si le panneau d'arrêt escamotable était mis à l'essai seul, sans utilisation des huit feux clignotants, on pouvait s'attendre à une baisse d'efficacité du panneau. L'essai a été mené sans description de l'apport spécifique de chaque système, étant donné que le panneau d'arrêt escamotable et les feux d'avertissement étaient utilisés conjointement.

2.3.2 Absence de pré-signal

Au début de la première étude de Transports Canada (Bruneau, 1999a), on a retenu comme prémisse la possibilité qu'il existe, sur les routes du Québec, des autobus dépourvus de pré-signal. Les chercheurs ont tenté à maintes reprises de trouver une commission scolaire, un parc d'autobus, ou un chauffeur qui n'utilisaient aucune forme de pré-signalement. Ces tentatives se sont révélées infructueuses : partout dans la province, les chauffeurs utilisaient une technique de pré-signalement, du moins lorsque d'autres véhicules étaient en vue. Cette constatation était étonnante sachant que les règlements provinciaux ne contiennent aucune obligation de mettre en œuvre un moyen de pré-signalement. Les représentants des transports ainsi que les chauffeurs interrogés ont expliqué que l'utilisation du pré-signal se faisait par nécessité pour éviter que les autres véhicules aient à freiner brutalement, qu'ils entrent en collision ou que des piétons traversant la chaussée soient renversés.

Un site potentiel pour les essais a été repéré près de Sherbrooke, à un endroit où les enfants n'ont pas à traverser la chaussée. Pour les besoins de l'étude, on a demandé au chauffeur d'autobus de ne pas utiliser les feux de détresse, contrairement à son habitude, afin de pouvoir évaluer les effets qu'un arrêt sans pré-signalement aurait sur la circulation. La réglementation de la Province permet toujours au chauffeur de ralentir et d'immobiliser l'autobus sans utiliser de pré-signal; l'obligation d'activer les feux clignotants rouges et de déployer le panneau d'arrêt escamotable n'intervient que lorsque le véhicule est tout à fait immobile. On a du cependant annuler cet essai sans pré-signal dès le lendemain en raison du trop grand nombre de freinages brutaux que cela provoquait. Des 79 automobilistes observés sur cette route rurale de 90 km/h à deux voies, 12,2 % ont dépassé l'autobus illégalement, par l'avant. Il s'agit là d'un pourcentage très élevé. En retenant un critère de sélection plus restrictif pour évaluer le dénominateur des véhicules en position, soit pour ralentir, soit pour faire un dépassement illégal, le pourcentage grimperait dans le cas des routes à circulation dense comportant deux voies à contresens, plus particulièrement vu que le taux élevé d'infractions à l'arrêt est survenu sur les routes à une voie à contresens.

Dans le cadre d'un autre projet, distinct, et sans lien avec la présente étude, des personnes ont participé à une simulation informatisée de conduite, en laboratoire. L'expérience visait à

comparer les résultats obtenus avec et sans pré-signalement (Bergeron et coll., 2000). Le scénario a été mis au point par le Centre de recherche sur les transports de l'Université de Montréal. Pour cette simulation, les automobilistes étaient dans des environnements urbains et périurbains. Les croisements automobile-autobus étaient programmés pour des vitesses différentes, représentatives des routes à limite de vitesse affichée de 70 km/h et de 90 km/h. Les chercheurs ont conclu que le pré-signalement augmentait la sécurité.

2.3.3 Comparaison des feux jaunes et des feux de détresse

Trois études récentes ont constaté que les feux de détresse ne sont pas un moyen acceptable de pré-signalement en raison de leur perception faible ou nulle par les conducteurs des véhicules en mouvement (Bruneau, 1999a; Bergeron et al., 2000; Bruneau et al., 2001a). Leur positionnement bas sur l'autobus, à mi-hauteur par rapport au toit de l'autobus, est probablement ce qui explique leur faible efficacité à faire ralentir et arrêter les autres véhicules (Bruneau et al., 2002). Les taux d'infractions à l'arrêt ont effectivement baissé dans un rapport de 2:1 avec l'utilisation des feux jaunes (Bruneau, 1999a; 2001a). Le risque le plus élevé correspondait à la présence de véhicules dans deux voies à contresens. Les taux d'infractions étaient de 4,4 % avec les feux jaunes et de 7,9 % avec les feux de détresse.

Des données recueillies aux printemps 1998 et 2000 ont permis d'établir une comparaison entre les feux jaunes et les feux de détresse. Dans la base de données, les deux trajets identiques ont été isolés : l'étude de 2000 a vu une légère augmentation des taux d'infractions pour les deux systèmes. Or, le changement n'est significatif ni avec une voie à contresens ni avec deux. L'étude la plus récente, faisant usage du radar, montre également que les variations de vitesse enregistrées visuellement en 1998 étaient exactes malgré que l'on n'ait pas utilisé de radar pour les mesurer. Même si les données obtenues au printemps 2000 étaient environ dix fois plus nombreuses qu'en 1998, les résultats sont restés presque identiques, aucune différence significative n'ayant été mesurée. L'indice d'efficacité était de 76 % en faveur des feux jaunes en 2000, contre à 54 % en 1998.

2.4 Comparaison des avantages possibles

L'aspect le plus intéressant du système à huit feux, c'est qu'il sépare les deux phases d'arrêt de l'autobus scolaire, c'est-à-dire le pré-signalement et l'arrêt. De plus, la séquence feux jaunes suivis des feux rouges est plus facile à interpréter puisqu'elle imite en cela la séquence des feux de circulation habituels. Lorsque les feux rouges servent à la fois de pré-signal et de signal d'arrêt, ils restent activés même si l'autobus est arrêté ou s'il roule à 80 km/h, rendant ainsi la phase d'arrêt plus difficile à distinguer. En revanche, les feux jaunes conviennent lorsqu'il s'agit d'avertir les automobilistes d'un danger potentiel. Le rouge est utilisé pour l'arrêt ou pour inviter à une très grande prudence. Aussi, une présence excessive de signaux rouges pourrait-elle miner la fonction première du système : arrêter toute circulation automobile.

Un élément joue en faveur des feux rouges comme moyen de pré-signalement, le coût. Bien que le coût d'installation d'un système à huit feux sur un autobus neuf soit raisonnable, la mise à niveau du parc de véhicules, particulièrement à l'échelle d'une province, peut représenter un coût excessif. Néanmoins, il importe d'évaluer les avantages de normaliser le système en vue d'un pré-signalement compte tenu de la confusion évidente que cela peut créer chez les automobilistes. La population du Canada est de plus en plus mobile à en juger par les déplacement réguliers entre les provinces et vers les États-Unis, où la plupart des États ont adopté les feux jaunes.

Bien sûr, toute décision d'imposer un système standard doit être évaluée avec une attention particulière à la réglementation existante, surtout à celle récemment adoptée. Aujourd'hui,

la plupart des règlements aux États-Unis et au Canada font du système à huit feux la norme à respecter. Les modifications législatives récentes en Amérique du Nord sont favorables aux feux jaunes, décision qui a été amorcée par les chauffeurs d'autobus et par les représentants des transports travaillant dans le domaine. Après une brève expérience avec les feux jaunes, le système à huit feux a été considéré plus efficace et plus sécuritaire par une majorité de chauffeurs d'autobus. Malgré l'absence d'une évaluation objective du système, les lois ont été modifiées par respect pour l'opinion des chauffeurs d'autobus (Hale et *al.*, 1983). La présente étude, dans un secteur relativement nouveau de la recherche, arrive *à posteriori* de la réglementation déjà modifiée, créant ainsi l'occasion de confirmer l'avantage supposé d'un système distinct de pré-signalement. L'étude n'avait pas pour but d'évaluer le degré de complexité de la question, mais plutôt toute modification des paramètres reliés à la sécurité des autobus scolaires au moment de l'embarquement et du débarquement des passagers.

3 MÉTHODOLOGIE

Analyser l'efficacité de deux systèmes de pré-signalement pour autobus scolaire a nécessité l'utilisation d'instruments embarqués spécifiques pour la mesure des divers paramètres observables. Les figures 1 et 2 présentent les différents éléments du montage, en situation, respectivement à l'intérieur et à l'extérieur de l'autobus. Un observateur expérimenté occupant le premier siège passagers à côté de la porte surveillait le système vidéo-radar. Le radar visait la circulation à contresens et servait à mesurer la vitesse des véhicules et celle de l'autobus. Pour chaque véhicule, la vitesse était mesurée à chaque seconde jusqu'à ce que le véhicule soit immobilisé ou qu'il ait dépassé l'autobus. L'image affichait des repères ou «titres» spéciaux pour indiquer que les feux étaient activés ou que le panneau d'arrêt escamotable était déployé. Les observateurs ont visionné toutes les bandes vidéo, puis évalué les distances et repéré les occurrences d'infraction à l'arrêt. Le taux d'infractions à l'arrêt et le taux de ralentissement étaient calculés selon des critères établis aux fins de la collecte des données. Un test statistique a été appliqué pour comparer les feux jaunes et les feux rouges d'après les résultats observés par rapport aux résultats attendus, et un test du chi-carré a permis d'établir à plus 5 % la validité des valeurs obtenues.

3.1 Collecte des données

3.1.1 Procédure générale

Un observateur assis sur le siège passagers à côté de la porte était chargé du fonctionnement du système de collecte de données; il devait noter les actions critiques telles que les infractions à l'arrêt. Un microphone enregistrait les actions spécifiques ou les distances non montrées par la caméra. Par exemple, un véhicule près du pare-chocs avant de l'autobus n'était pas dans le champ de l'image fournie par la caméra, mais l'observateur devait consigner l'événement pour les besoins de l'examinateur des bandes vidéo.

L'observateur consignait les données pertinentes sur une fiche quotidienne renfermant les paramètres environnementaux de la route à chaque arrêt sur le trajet retenu. On peut voir en annexe A les fiches servant de formules de collecte de données. Étaient également consignés sur les fiches les paramètres fixes de l'environnement de la route.

La deuxième étape de la collecte des données consistait à visionner toutes les bandes vidéo pour noter les paramètres qui variaient d'un arrêt à l'autre. Ces paramètres contextuels s'appliquaient directement aux véhicules s'approchant de l'autobus. Les examinateurs ont employé une feuille standard de données. On trouvera à l'annexe A les formules employées par les équipes de collecte des données. Beaucoup de paramètres ont été établis durant cette étape – la durée, la distance et la vitesse, ainsi que les infractions à l'arrêt – faisant de l'examen des bandes une des parties les plus importantes de l'étude. Les observations provenant de l'Ontario et du Québec (96 % du total) ont été examinées par seulement deux observateurs, qui ont tous les deux utilisé la même liste de codage et la même méthodologie pour remplir la feuille de données. Travaillant en collaboration, les deux observateurs ont ajusté leur méthode de codage pour la série complète de paramètres à l'aide d'exemples provenant de bandes vidéo utilisées lors de collectes antérieures. Cette façon de procéder s'imposait en raison du bon nombre de situations à prendre en compte, particulièrement lorsque le radar était utilisé, et aussi parce que l'examen des bandes s'est révélé sûrement la partie la plus difficile et la plus critique du volet technique de l'étude.

Aucune donnée n'a été recueillie sur les véhicules qui étaient derrière l'autobus parce que l'étude de 1999 démontrait clairement le très faible nombre d'infractions à l'arrêt par ces véhicules et qu'il est par conséquent peu probable que de telles données produisent des résultats significatifs dans une analyse statistique (occurrence inférieure à 1 %).

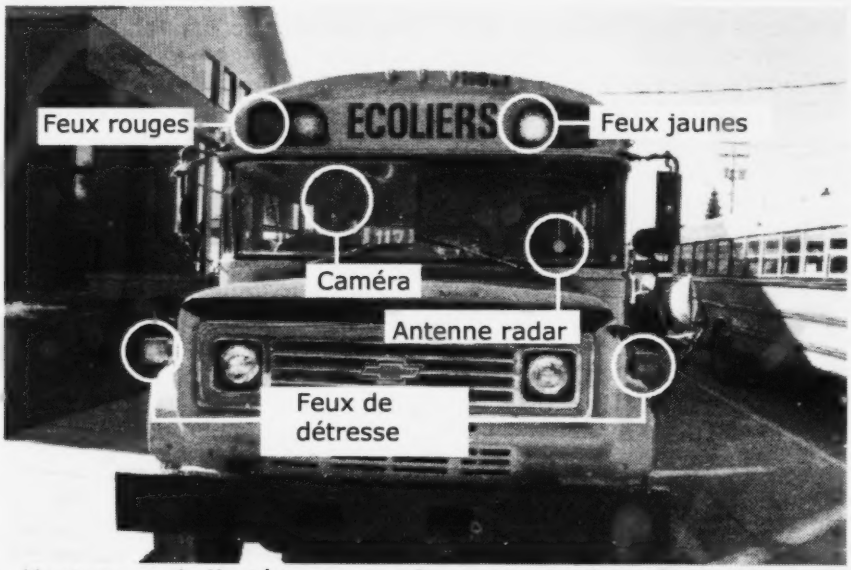

Figure 1 Montage vu de l'extérieur et configuration des feux de signalement

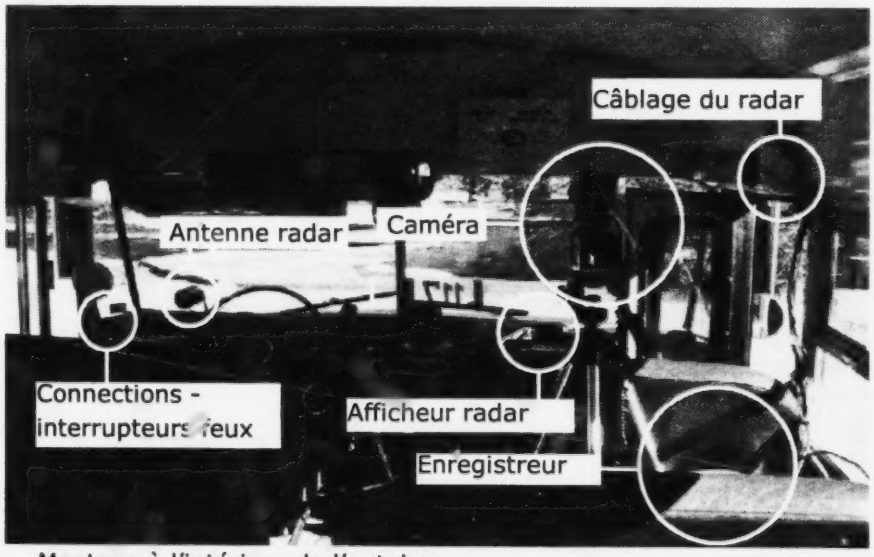

Figure 2 Montage à l'intérieur de l'autobus

3.1.2 Équipes de collecte

Trois équipes différentes ont collecté les données. La collecte portant sur les feux rouges était la responsabilité de deux équipes : l'Accident Research Team de l'Université Western Ontario pour la région de London, en Ontario; l'équipe du Transportation Centre de l'Université de Saskatchewan pour les trajets dans les environs de Regina et de Saskatoon. Enfin, les données sur les feux jaunes étaient recueillies sous le parrainage de Transports Québec dans le cadre du suivi de l'étude de Transports Canada tenue en 1999. L'Université de Sherbrooke a mené la collecte des données dans les zones rurales et périurbaines près de Sherbrooke, dans la province de Québec. Les trois équipes de collecte ont reçu une formation sur le terrain pour la collecte des données «réelles», pour l'examen des bandes vidéo et pour la gestion et le traitement des fichiers.

3.1.3 Matériel de collecte des données

La collecte des données a été réalisée à l'aide de matériels radars et vidéo pointés vers la circulation venant à contresens. L'expérience a eu recours à deux systèmes vidéo embarqués Mobile Vision® presque identiques (Système 5 et Système 7) et un radar Decatur Electronics® Genesis-1. Les vitesses mesurées par le radar étaient affichées en surimpression sur l'image vidéo. Les caractéristiques du matériel permettaient de générer automatiquement des titres sur l'image afin d'annoter des événements comme l'activation des clignotants. Dans le cas où le pré-signalement était donné par les feux rouges, le titre «ROUGE» était affiché sur l'image, et lorsque le panneau d'arrêt escamotable était déployé, le titre «ARRÊT» clignotait à l'écran. Dans le cas du pré-signalement par les feux jaunes, le titre «JAUNE» (figure 3) apparaissait à l'écran et l'utilisation des feux rouges était indiquée par le titre «ROUGE» (figure 4). Étaient également marquées à l'écran la date et l'heure; la marge d'erreur de l'évaluation de la durée des phases de pré-signalement et d'arrêt était inférieure à une seconde.

Figure 3 Image vidéo des bandes de données : utilisation des feux jaunes indiquée par le titre «JAUNE»

Figure 4 Image vidéo des bandes de données : utilisation des feux rouges indiquée par le titre «ROUGE»

Le radar fonctionnait pendant que l'autobus était en mouvement, ce qui a permis de mesurer deux valeurs, la vitesse de l'autobus et celle des véhicules venant à contresens. Seules les vitesses supérieures à 25 km/h étaient affichées. Si l'autobus roulait à 25 km/h ou moins, la désignation de la vitesse du véhicule à contresens passait de «véhicule» à «autobus» sur l'écran d'affichage. La portée de l'antenne a été réglée à 4/5, c'est la meilleure position trouvée durant les essais préliminaires de détection de la vitesse des véhicules à une distance de 150 m ou moins. La plage maximale du radar était de près de 300 m. L'antenne du radar avait été montée à l'horizontale sur le tableau de bord de l'autobus, près du volant, parallèle à l'axe de l'autobus (figure 5). Il est important de respecter cet alignement pour prévenir les effets négatifs comme la sous-évaluation de la vitesse réelle. Si l'antenne n'est pas parfaitement horizontale, par exemple lorsqu'elle est vers le sol, il existe un risque de surestimer la vitesse de l'autobus ou de ne pas la capter du tout. La position du radar sur le côté gauche de l'autobus est motivée par la nécessité de conserver l'axe de l'antenne le plus près possible de l'axe du véhicule en sens inverse et de l'axe de la route, pour éliminer les risques de lecture erronée. L'effet «cosinus», qui conduit à une sous-évaluation des vitesses réelles est particulièrement notable dans les courbes de routes a plus de deux voies. L'intersection de l'axe du radar et de l'axe de la trajectoire du véhicule doit toujours former un angle aigu.

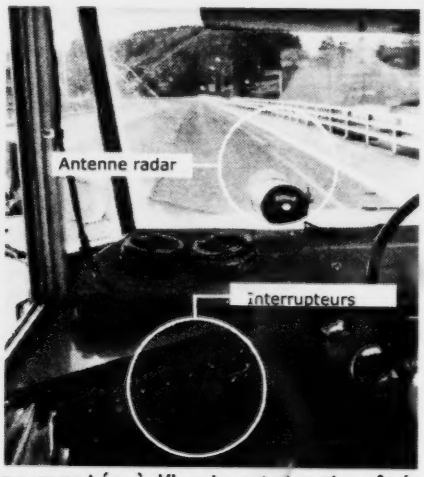

Figure 5 Antenne du radar montée à l'horizontale, du côté gauche

3.1.4 Période de l'année

Les observations ont eu lieu pendant deux saisons différentes de l'année scolaire, de façon à mettre en évidence l'effet éventuel de l'état de la route. Ainsi, la fin de l'automne, soit quelque temps après le début de l'année scolaire, se caractérise par une faible lumière ambiante et des conditions de neige. Quant aux conditions rencontrées au printemps, qui coïncidait avec la fin de l'année scolaire, elles sont surtout associées à une bonne clarté et au bon état de la route. Les trajets des autobus ont été sélectionnés avec soin pour obtenir le meilleure équilibre possible entre l'utilisation des feux rouges et l'utilisation des feux jaunes. Heureusement, le bilan de la collecte s'est soldé avec un nombre égal d'observations pour les deux saisons et pour les deux systèmes de signalement. Au Québec et en Saskatchewan, la collecte correspondant au semestre du printemps s'est déroulée entre les mois de mars et juin, alors qu'en Ontario elle s'est déroulée entre avril et juin. Pour les trois provinces, la collecte correspondant au semestre de l'automne s'est déroulée du mois d'octobre au mois de janvier.

3.1.5 Trajets observés

Les trajets des autobus ont été soigneusement choisis de façon à obtenir la meilleure équivalence entre les données associées à chacun des deux systèmes de pré-signalement. Ces trajets étaient généralement situés dans des zones rurales ou périurbaines, où la vitesse permise variait de 70 km/h à 90 km/h. Le nombre de voies à contresens est le principal paramètre utilisé pour départager les observations, car c'est celui qui a eu l'influence la plus marquante sur les infractions à l'arrêt. Sauf quelques exceptions, la visibilité était bonne au point d'arrêt et il y avait peu de courbes ou de pentes.

Au chapitre de la planification du projet, l'aspect examiné le plus en détail a été la sélection des trajets en Saskatchewan et en Ontario, ceux-ci devant être similaires aux trajets ayant servi aux observations faites au Québec en 1998 et en 2000. Le premier trajet observé à Sherbrooke (autobus 90) consistait en une route à deux voies avec limite affichée de 90 km/h, à fort volume de circulation, particulièrement le matin, avec des arrêts isolés effectués parfois en conditions de mauvaise visibilité en raison des pentes. La 112, à Sherbrooke, était une route à quatre voies, à circulation dense, à vitesse maximale de 80 km/h; la quantité d'industries à proximité des arrêts s'est traduite par un nombre très élevé de camions. Les étudiants du secondaire devaient parfois traverser quatre voies. Autre caractéristique de la route, sur certains tronçons, plusieurs arrêts étaient à intervalles très rapprochés. Comme il est expliqué dans la partie traitant des critères de sélection (3.3.1), ces arrêts ont du être supprimés de la base de données.

En Ontario, ce n'est qu'après un bon nombre de tentatives, à une étape préliminaire, que l'on a repéré un trajet satisfaisant, faisant intervenir deux lignes d'autobus différentes. Le trajet de London présentait deux caractéristiques importantes compatibles avec les exigences : il comportait un certain nombre d'arrêts sur des routes de 80 km/h à quatre voies, à circulation dense, les autres arrêts de trouvant sur des routes à deux voies, à limite de vitesse variant de 80 km/h à 90 km/h. Cette situation correspond bien au modèle général utilisé pour le Québec. Les volumes de circulation étaient équivalents pour les deux provinces et les trajets offraient un nombre à peu près égal de routes avec une et deux voies à contresens.

Or, le trajet de London semble plutôt homogène par rapport aux trajets de Sherbrooke. Cette constatation n'était pas inattendue étant donné que l'étude comparait un trajet à deux autres, parce que certaines caractéristiques étaient reliées à la géographie, et à cause de la façon dont les trajets des autobus scolaires sont planifiés. Le trajet de London était dépourvu de pentes raides, la visibilité y était bonne presque partout à cause de la géométrie

rectiligne des routes. De plus, ce trajet était ponctué principalement d'arrêts isolés et n'en comportait aucun à intervalle rapproché comme dans le cas de la route 112 à Sherbrooke.

En Saskatchewan, les arrêts d'autobus scolaires observés ont fait ressortir comme principale caractéristique le faible volume de circulation, malgré la sélection, dans la région, de routes à circulation relativement plus dense. Dans les zones rurales, les autobus scolaires ont croisé peu de véhicules et, dans bien des cas, l'autobus arrêtait directement dans la cour de la maison, donc sans possibilité d'observer d'autres véhicules. Le faible nombre d'observations valides n'a pas eu d'incidence sur les comparaisons. À certains endroits, le long du trajet de Regina, la route était bordée d'un coté par de grands champs et toutes les maisons étaient implantées de l'autre côté. Cette disposition aurait pu amener les automobilistes à supposer qu'aucun enfant ne traverserait la chaussée et, par conséquent, à ignorer le signal d'arrêt. Néanmoins, le nombre limité d'observations effectuées sur ce trajet (17 au total) n'a pas particulièrement influé sur les tendances de l'étude.

À cause de la topographie, il n'y avait pas de forte ressemblance entre les trajets observés en Saskatchewan et ceux du Québec et de l'Ontario. Néanmoins, les trajets de Regina et de Saskatoon ont permis de produire des données sur des routes à deux voies avec limite de vitesse de 90 km/h, ce qui se compare à la route 90, du Québec, qui est composée de tronçons relativement droits. Une des principales caractéristiques des trajets de la Saskatchewan était l'excellente visibilité due à la géométrie de la route et au terrain plat. Pour beaucoup d'arrêts, la visibilité était d'un kilomètre ou plus. Presque toutes les observations étaient en conditions de visibilité supérieure à 500 m. Quant aux deux trajets de Sherbrooke, la visibilité n'y était pas aussi bonne. Enfin, les trajets en Saskatchewan ne comportaient aucun arrêt sur route à quatre voies à chaussée unique.

On trouvera au tableau 2 les principaux détails de la collecte des données. Pour obtenir un total de 3 150 observations satisfaisant aux critères de sélection des trois provinces, il a fallu 148 jours de sortie, comprenant autant les sorties durant l'avant-midi que celles durant l'après-midi. Sur une distance totale de 6 869 kilomètres, les chauffeurs d'autobus ont effectué 7 068 arrêts, avec ou sans véhicule en vue. Pour les trois principaux trajets de l'enquête, chaque kilomètre parcouru a donné un arrêt entre 0,5 et 0,9 observation. En Saskatchewan, la collecte de données a généré une observation par 20 kilomètres.

Tableau 2 Quelques faits sur la collecte des données (2000-2001)

	Feux jaunes		Feux rouges		
	Sherbrooke 1*	Sherbrooke 2*	London	Regina	Saskatoon
Printemps	mars-juin	mars-juin	avr-juin**	mai-juin	mai-juin
Automne	nov-déc	nov-déc	oct-déc	oct-nov	oct-janv
Trajet moyen (km)	40	41	50	44	48
Jours de collecte	22	19	57	10	40
Longueur totale du trajet (km)	880	779	2 850	440	1 920
Arrêts totaux	795	911	2 677	484	2 201
Observations valides	577	668	1 483	17	93
Arrêts/km	0,9	1,2	0,9	1,1	1,1
Observations/km	0,7	0,9	0,5	0,04	0,05

* La région de Sherbrooke comptait deux trajets : 1 = autobus 90, 2 = autobus 117.
** Données collectées en 2001; toutes autres données collectées en 2000.

3.2 Paramètres

L'étude a retenu six groupes de paramètres pour la présentation des caractéristiques de l'environnent routier en regard de la mesure du temps, de la distance et de la vitesse. Le tableau 3 présente les diverses catégories créées pour classifier la valeur de chaque paramètre de l'analyse. Dans l'analyse statistique par catégorie, les numérateurs exprimaient les actions des automobilistes.

3.2.1 Environnement routier

L'environnement routier est en partie composé de paramètres fixes qui demeurent constants pour un arrêt donné pendant toute la durée de l'étude, par exemple la limite de vitesse et le nombre de voies de circulation. D'autres paramètres environnementaux changeaient à chaque trajet, compte tenu des conditions qui prévalaient. Aux fins de l'étude, trois principaux paramètres de la route sont utilisés : le nombre de voies à contresens (1 ou 2), la limite de vitesse affichée et le volume de circulation au pré-signalement et durant les deux phases combinées du signalement (avertissement et arrêt).

Pour ce qui est de la géométrie de la route, ce paramètre est défini par le tracé en plan, qui peut être rectiligne ou en courbe, avec indication du type de courbe, suivant une appréciation visuelle et non une valeur mesurée. La pente de la route est elle aussi exprimée de manière relative : trois catégories sont établies, en pourcentages clés près de 1 %, 4 % et 7 %. La direction de la pente, en descente ou en montée, est indiquée pour l'autobus et pour le véhicule. C'est le même observateur qui a évalué la pente et la géométrie pour le trajet de London et les trajets de Sherbrooke (96 % de l'information). Cette façon de procéder a empêché d'éventuels problèmes de classification : cette dernière aurait pu varier chez des observateurs n'utilisant pas d'outil spécialisé.

D'autres attributs ont été utilisés pour caractériser l'environnement de la route. Le droit, pour un automobiliste venant à contresens de dépasser un véhicule se trouvant devant lui est indiqué par la ligne médiane interrompue. Le paramètre «endroit» distingue les sites ruraux (faible densité d'habitations et limite de vitesse élevée) des sites périurbains (abords des villes, proximité de zones rurales et densité moyenne d'habitations). L'utilisation des terrains est le paramètre retenu pour faire une distinction entre les zones commerciales et les zones résidentielles. On a également tenu compte de la partie de la journée dans la catégorie de l'environnement routier. Les arrêts durant l'avant-midi n'ont pas été effectués dans le même contexte que les arrêts de l'après-midi. L'avant-midi présentait normalement une pointe de circulation, puisque la plupart des automobilistes se rendaient alors au travail. Les conditions de l'après-midi étaient différentes : les usagers de la route n'étaient pas les mêmes, ni la conduite. La pointe de l'après-midi pour le retour à la maison explique probablement, en partie, le changement du taux d'infractions à l'arrêt, pour lequel il a fallu isoler la partie de la journée. La même logique s'appliquait au jour de la semaine et on s'est employé à diviser les déplacements à parts égales entre chaque jour. Comme l'a signalé une recherche antérieure, les infractions à l'arrêt augmentaient de façon appréciable à la fin de la semaine. Enfin, le dernier paramètre lié à l'environnement de la route concernait les cas d'écoliers traversant la chaussée.

Tableau 3 Paramètres par catégorie et groupe utilisés dans l'analyse

Paramètre	Catégorie (statut, mesure)
Environnement routier	
Partie de la journée	avant-midi, après-midi
Jour de la semaine	lundi, mardi, mercredi, jeudi, vendredi
Limite de vitesse affichée (km/h)	50, 70, 80, 90
Secteur	rural, périurbain
Utilisation des terrains	résidentielle, commerciale
Nombre de voies	1 ou 2 voie à contresens
Pente (autobus et véhicule) (%)	route plate (0-1), pente légère (1-3), pente moyenne (4-6), pente forte (≥7)
Direction (autobus et véhicule)	route plate, pente ascendante, pente descendante
Géométrie de la route	rectiligne, courbe modérée, courbe prononcée
État de la chaussée	sèche, mouillée, enneigée, glacée
Dépassement permis	oui, non
Traversée de la chaussée par un élève	oui, non
Visibilité	
Visibilité minimale (m)	0-99, 100-199, 200-299, 300-399, 400-499, ≥500
Luminosité (à la fenêtre de l'autobus) (eV)	≤10, 10,05 à 13,95, ≥14
Saison	automne, printemps
Conditions météorologiques	dégagé, nuageux, bruine, crachin, pluie, neige
Repères chronologiques	
Exposition au pré-signal (s)	3-5, 6-10, 11-15, ≥16
Durée du pré-signal (s)	1-5, 6-10, 11-15, 16-20, ≥21
Durée du signal d'arrêt	1-5, 6-10, 11-15, 16-20, ≥21
Véhicules au pré-signal (n^{bre})	1, 2, 3, 4, ≥5
Circulation (n^{bre})	faible (1-2), moyenne (3-5), forte (≥6)
Distances	
Distance au pré-signal (m)	1-19, 20-39, 40-59, 60-79, 80-99, ≥100
Type d'arrêt	Arrêt isolé, arrêt ≤50 m du précédent
Position de l'automobiliste	1er automobiliste; automobiliste suivant
Distance automobile-autobus Distance à TA (m)	1-95, 100-199, 200-299, 300-399, ≥400
Distance automobile-autobus distance à TC (m)	1-19, 20-39, 40-59, 60-79, 80-100, ≥101
Vitesses	
Vitesse à chaque seconde (km/h)	de -3s à x, au pré-signal et à l'arrêt
Min, Max, Δ Min-Max	Au pré-signal et à l'arrêt
Actions de l'automobiliste	
Variation de vitesse de l'automobiliste (>10 km/h)	a ralenti, a maintenu sa vitesse, a accéléré
Événement survenu au pré-signal, au signal d'arrêt	est resté en avant de l'autobus, a arrêté, a dépassé

3.2.2 Visibilité

La catégorie touchant la visibilité mesurait la lumière ambiante naturelle; deux paramètres étaient enregistrés chaque jour : la luminosité et les conditions météorologiques. La luminosité était donnée par la lumination : pour mesurer la quantité totale de lumière ambiante, on a utilisé un posemètre orienté vers le ciel par la fenêtre de l'autobus. Le posemètre était réglé à une sensibilité de 100 ASA, pour une vitesse d'obturation de 1/125 s, afin que les données soient comparables pour toutes les provinces. Le niveau de luminosité était déterminé en partie par les conditions météorologiques, mais le facteur prédominant était la saison durant laquelle l'observation a été menée.

On avait également procédé à une évaluation de la visibilité entre l'autobus et l'autre véhicule durant l'utilisation du pré-signal, afin de tenir compte d'obstacles visuels potentiels aux arrêts. Ce paramètre est la ligne de vision la plus courte observée durant l'activation du pré-signal, entre deux points précis, c'est-à-dire la position de l'autobus durant l'utilisation du pré-signal et celle de l'autre véhicule. La ligne de vision géométrique était révisée chaque jour sur la fiche, mais contrairement aux conditions météo et à la luminosité, une seule valeur «finale» a été retenue à la fin de l'étude. Cette valeur joue un rôle important dans la caractérisation du site de l'arrêt vu qu'une très courte ligne de vision peut conduire à un plus grand risque d'infraction à l'arrêt.

3.2.3 Repères chronologiques

Trois repères chronologiques marquaient le début et la fin de chaque phase du signal (TA, TC et TE). Deux autres repères, TB et TD, fixaient les événements d'après le temps écoulé depuis le dernier repère précédent. L'instant de l'événement était consigné lorsque l'autre véhicule s'immobilisait ou lorsqu'il dépassait l'avant de l'autobus. La différence entre TA et TC donne la durée totale du pré-signal; la différence entre TC et TE donne la durée du signal d'arrêt.

- **TA : Début du pré-signal**
- TB : Temps écoulé entre TA et l'événement
- **TC : Début du signal d'arrêt**
- TD : Temps écoulé entre TC et l'événement
- **TE : Fin de l'arrêt**

3.2.4 Durée d'exposition au signal

La durée de l'exposition de l'automobiliste est la période d'activation du pré-signal durant laquelle l'automobiliste pouvait voir l'autobus. Si un véhicule dépassait l'autobus durant cette phase de signalisation, le temps de pré-signal restant était soustrait de la durée du pré-signal, ce qui donnait le temps réel d'exposition. Comme l'illustre la figure 6, le temps d'exposition suit une courbe normale. Les deux répartitions atteignent un pic entre 9 s et 11 s du pré-signal, mais on a remarqué une concentration d'observations des feux rouges (60 %) supérieure à celles des feux jaunes (43 %). Par conséquent, les catégories d'expositions courtes et longues s'appliquent principalement aux feux jaunes.

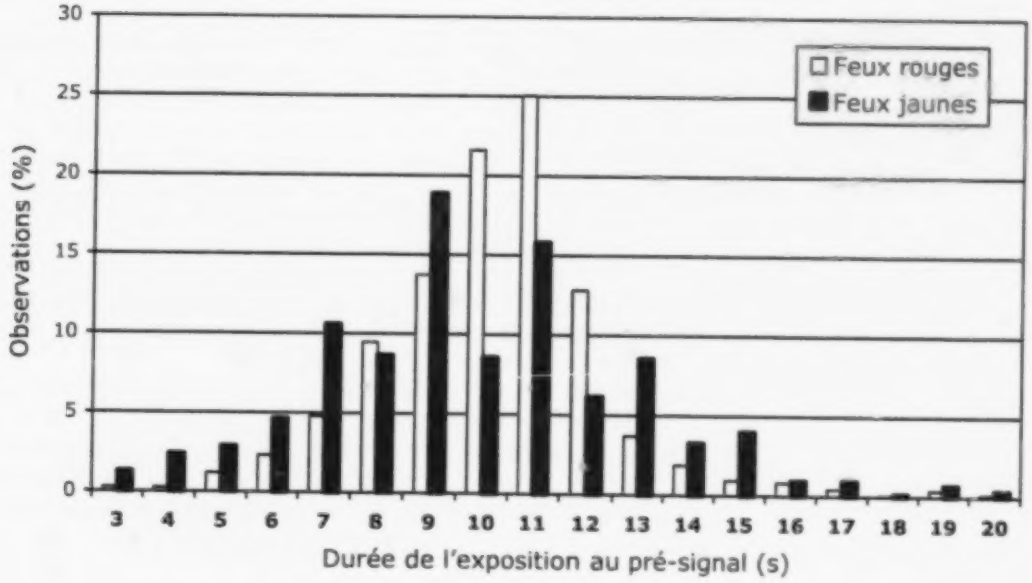

Figure 6 Taux d'observations selon la durée d'exposition au pré-signal

3.2.5 Distances

Comme le radar n'indiquait pas les distances séparant l'autobus des véhicules roulant à contresens, celles-ci ont été estimées durant l'examen des bandes vidéo. Pour les calculer, on s'est servi de repères terrestres comme l'intervalle entre les traits interrompus de la ligne médiane – environ 8 m – ou en prenant comme référence la distance moyenne entre les poteaux d'électricité, qui est de 50 m au Québec. L'angle d'orientation de la caméra a également contribué à fournir une estimation des distances : un léger déplacement vers le côté droit de l'autobus augmentait la profondeur de champ, ce qui produisait un effet tridimensionnel facilitant l'évaluation de la distance. Les premières estimations ont été faites depuis l'intérieur de l'autobus scolaire et enregistrées au microphone, mais c'est à l'examen des bandes vidéo qu'on a procédé à l'évaluation finale. Grâce aux bandes, on pouvait visionner une observation particulière à plusieurs reprises jusqu'à ce qu'une distance finale soit déterminée, ce qui augmentait ainsi le degré de précision. Le travail en laboratoire avait un autre avantage, l'élimination des erreurs potentielles dues à la perception et au temps de réaction de l'observateur examinant un véhicule de l'intérieur de l'autobus en mouvement.

La distance entre le véhicule et l'autobus était mesurée au début de l'activation (TA) du pré-signal et au début du signal d'arrêt (TC). Les distances totales parcourues par l'autobus durant le pré-signal ont été classées par catégorie selon les différentes plages de distances du pré-signal, à intervalles de 50 m.

Un critère de distance fixe a été retenu pour classer la position des véhicules roulant à contresens. Un véhicule faisant face à l'autobus mais sans autre véhicule intercalé entre les deux était désigné premier automobiliste ou «véhicule de tête». Un véhicule à moins de 50 m derrière le véhicule de tête était désigné automobiliste suiveur. Les suiveurs étaient inclus dans l'analyse si le véhicule de tête croisait l'autobus durant le pré-signalement. Les

automobilistes suiveurs qui restaient derrière le premier automobiliste n'étaient pas inclus dans la base de données parce qu'ils avaient tendance à s'ajuster aux actions de ce véhicule. L'observation du type d'arrêt utilisait également la distance comme critère pour l'évaluation de chaque cas. Un arrêt précédé d'un autre situé à moins de 50 m constituait aux fins de l'étude un «arrêt rapproché». Étaient désignés «ordinaires» tous les arrêts isolés.

3.2.6 Vitesse

Pour évaluer la vitesse on a pris des mesures radars à chaque seconde affichée par l'horloge vidéo, en commençant par la vitesse de l'autobus trois secondes avant TA, et jusqu'à l'arrêt complet. La vitesse des véhicules à contresens était aussi mesurée à partir de ce même repère chronologique, mais jusqu'à la fin du signal d'arrêt car, contrairement aux autobus, ces véhicules étaient parfois encore en mouvement durant la phase d'arrêt. La vitesse au début du pré-signal correspondait exactement à la vitesse à l'instant TA, où le repère du pré-signal commençait à clignoter sur l'écran. L'évaluation des variations de vitesse durant le pré-signal reposait sur l'écart entre la vitesse à l'instant TA ou à l'instant le plus proche, et la vitesse maximale ou minimale enregistrée durant le pré-signal.

Les taux de ralentissement ont également été organisés en catégories, variant par incréments de 10 km/h, entre 10 km/h et 100 km/h et plus. Ces catégories ont été utilisées dans les graphes des ralentissements pour montrer la variation absolue de vitesse obtenue pour chacun des deux systèmes. Le taux moyen de ralentissement était également tracé selon le nombre de mesures radars afin de déterminer si l'importance des ralentissements variait avec la quantité de données disponibles. Toutes les variations de vitesse étaient appuyées par des mesures radars valides. Il est possible d'estimer la vitesse d'un véhicule suivant la valeur de référence du véhicule qui précède, mais cette solution n'est pas possible lorsque les deux ne circulent pas à la même vitesse. On a évalué les vitesses dans le cas des véhicules rapprochés seulement, avec véhicule de référence à moins de 50 m, ou lorsque les deux véhicules roulaient côte à côte.

3.2.7 Actions des automobilistes

Les occurrences de ralentissements et d'infractions à l'arrêt obligatoire des automobilistes ont constitué les principaux paramètres enregistrés sous la catégorie des actions. Pour être considérée donnée valide, une variation de vitesse devait comporter un écart d'au moins 10 km/h, en ralentissement ou en accélération. Les variations de vitesse de 9 km/h ou moins étaient colligées sous la catégorie «vitesse maintenue». Évidemment, différentes valeurs de ralentissement ont été observées durant le pré-signal, pouvant aller de 0 à 120 km/h. On a évalué la valeur du ralentissement afin de vérifier si le seuil de ralentissement utilisé avait une incidence sur l'efficacité relative. La plus grande utilité des mesures de vitesse résidait dans l'indication précise de la correspondance entre la vitesse affichée et la vitesse réelle. Cela a réduit les problèmes potentiels associés à une observation visuelle des faibles variations de vitesse.

Parallèlement, l'utilisation du radar a ajouté un nouveau degré de complexité exigeant parfois une grande compétence en interprétation, particulièrement sur les routes à quatre voies à forte densité. Souvent, les véhicules étaient dans la visée du radar pendant une très courte période de temps, ce qui réduisait les chances d'obtenir des données valides. Les ralentissements étaient parfois si soudains qu'il était impossible de régénérer les données assez rapidement pour refléter fidèlement les changements en temps réel, et ce, même si les images montraient hors de tout doute que le véhicule était en freinage. Bien que certains des éléments de la recherche ne pouvaient être réglés, la plupart des données ont été collectées dans des situations qui se prêtaient facilement à une interprétation, lorsque le radar avait correctement mesuré la vitesse du véhicule.

Trois types d'événements ont été consignés durant le processus d'arrêt, avec distinction entre le pré-signal et le signal d'arrêt. Tous ces événements sont légaux, sauf le dépassement durant le signal d'arrêt.

- Le véhicule arrête devant l'autobus.
- Le véhicule continue de rouler, mais reste devant l'autobus, sans arrêter.
- Le véhicule dépasse l'autobus.

3.3 Base de données

3.3.1 Critères de sélection des observations

Six critères ont été établis pour déterminer si un cas devait être retenu aux fins de l'analyse. Ces critères ont été définis selon la durée et la distance, de manière que les systèmes puissent être comparés sur une base identique. Sans égard au site ou au trajet, tous les véhicules observés respectaient les six critères ci-après :

- Exposition de ≥ 3 secondes au pré-signal.
- Véhicule à ≥100 m ou ≤500 m de l'autobus au début du pré-signal ou lorsque le véhicule apparaît sur l'image vidéo.
- Véhicule à ≤300 m de l'autobus au début du signal d'arrêt.
- Véhicule à ≤100 m de l'autobus à la fin de l'arrêt.
- Véhicule aperçu à une vitesse normale (les véhicules s'engageant sur la route ont été éliminés).
- Aucune voiture de police à proximité de l'autobus.
- Arrêt isolé (les arrêts à <50 m de l'arrêt précédent ont été éliminés).

Les 312 observations avec arrêts rapprochés ont été éliminées de la base de données parce qu'elles augmentaient de manière appréciable le taux d'infractions à l'arrêt, qui devient excessif dans ces conditions (10 %). Lorsque l'autobus a fait un deuxième arrêt consécutif, les automobilistes se trouvant encore à une bonne distance pouvaient avoir été témoins de deux arrêts complets ou partiels, indiqués ceux-là par des pré-signaux et des signaux d'arrêt différents. L'intervalle entre les deux arrêts était marqué par une absence de signaux pendant une très courte période. Cela créait une situation très complexe et constituait une source de confusion pour les automobilistes, et explique probablement le nombre plus élevé d'infractions aux arrêts rapprochés. De plus, il aurait été impossible de trouver des conditions similaires d'arrêts rapprochés avec une fréquence également similaire en Saskatchewan et en Ontario. Quatre-vingt pour cent des arrêts rapprochés se sont produits sur des trajets d'autobus utilisant les feux jaunes.

3.3.2 Nombre d'observations

Comme le montre le tableau 4, les 2 838 observations qui constituent la base de données finale étaient bien réparties entre les systèmes à feux jaunes et les systèmes à feux rouges, à raison de 1 245 et 1 593 observations valides respectivement. Pour ce qui est de la saison, des conditions météorologiques et du nombre de voies, un nombre similaire d'observations ont été enregistrées pour chacun des deux groupes de feux jaunes et de feux rouges. L'annexe B présente le nombre détaillé d'observations pour chaque catégorie analysée.

Tableau 4 Nombre d'observations selon le type de pré-signal

	Feux rouges	Feux jaunes	Total
1 voie à contresens	601	718	1 319
2 voies à contresens	992	527	1 519
Printemps	721	689	1 410
Automne	872	556	1 428
Dégagé ou nuageux	1 294	883	2 177
Pluie, neige, etc.	299	362	661
Limite de ≤ 70 km/h	123	296	419
Limite de ≥ 80 km/h	1 470	949	2 419
Total	1 593	1 245	2 838

3.3.3 Évaluation du ralentissement

Le principal indicateur était le ralentissement provoqué par le pré-signalement, cette valeur illustrant l'effet de chacun des deux systèmes. La vitesse et les événements au signal d'arrêt peuvent être partiellement influencés par les feux d'arrêt et par le panneau d'arrêt escamotable. D'autre part, les variations de vitesse durant le pré-signalement étaient susceptibles d'être influencées considérablement par les feux de détresse et par le ralentissement visible de l'autobus (ce ralentissement est identique pour les deux types de signaux, ce qui produit un résultat nul pour les fins de l'analyse). L'influence des feux clignotants sur la vitesse des véhicules a été mesurée pour les cas valides seulement. Le freinage de ralentissement induit par chaque système a été calculé à partir de vitesses connues. Pour qu'une mesure soit valide, il faut que le radar ait affiché au moins deux mesures vraies de la vitesse, le minimum requis pour calculer une variation de vitesse.

Un indice d'efficacité a été attribué aux cas valides. Le numérateur est le nombre de véhicules qui ont ralenti d'au moins 10 km/h; le dénominateur est l'exposition, soit le nombre de cas valides ou le nombre d'observations comportant deux mesures valides. L'indice d'efficacité commence avec un ratio (R) calculé pour chaque groupe, les feux rouges et les feux jaunes (1) :

$$R = (a / A) / (b / B) \quad (1)$$

Où : a = événements dans un groupe — b = observations dans un groupe
A = événements dans une population — B = observations dans une population

Pour obtenir le ratio relatif, ou RR (2), on divise le ratio feux rouges (3) par le ratio feux jaunes (4). L'indice d'efficacité E (%), dont la valeur maximale ne peut dépasser 100 %, exprime la capacité relative d'un système par rapport à l'autre à faire ralentir les véhicules qui viennent en sens contraire (5). Par exemple, si RR est 2:1, il indique que E = 50 %, et si RR est de 3:1, cela indique que E = 67 %, et ainsi de suite. L'importance de E % est donnée par la valeur *p* d'un test du chi-carré appliqué aux «fréquences observées par rapport aux fréquences attendues» et une formule spécifique pour évaluer la fréquence attendue EF (6).

$$RR = R^1 / R^2 \quad (2)$$
$$R^1 = (a^1 / a^1 + a^2) / (b^1 / b^1 + b^2) \quad (3)$$
$$R^2 = (a^2 / a^1 + a^2) / (b^2 / b^1 + b^2) \quad (4)$$
$$E\ (\%) = (1 - RR) * 100 \quad (5)$$
$$EF^1 = b^1\ (a^1 + a^2) / (b^1 + b^2) \quad (6)$$

3.3.4 Évaluation des infractions à l'arrêt

Le taux d'infractions à l'arrêt était une mesure importante parce qu'il était révélateur des risques potentiels encourus par les enfants qui traversaient la chaussée. Un essai d'écart statistique a été effectué sur les taux d'infractions à l'arrêt obtenus pour chaque système de pré-signalement. Le degré de certitude que les taux d'infractions à l'arrêt des systèmes de pré-signalement sont sensiblement différents est fondé sur la valeur *p* du test du chi-carré appliqué au rapport des «fréquences observées par rapport aux fréquences attendues». Contrairement à la méthode utilisée pour le taux de ralentissement, alors que tous les cas valides étaient inclus dans le dénominateur, la totalité des 2 838 observations sont incluses dans le dénominateur lorsqu'il s'agit de calculer le taux d'infractions à l'arrêt. Aucune action inconnue n'est survenue; il demeure toujours possible de détecter une infraction. Pour que l'événement soit considéré comme une infraction à l'arrêt, toutes les conditions ci-après devaient être réunies :

- le véhicule a dépassé le pare-chocs avant de l'autobus;
- les clignotants rouges étaient activés;
- l'autobus était complètement arrêté; et
- le panneau d'arrêt escamotable était en cours de déploiement ou complètement déployé.

3.4 Paramètres associés à la conduite de l'autobus

La variation des quatre paramètres liés à la technique de pré-signalement et d'arrêt employée par les chauffeurs d'autobus scolaire a fourni l'occasion de vérifier si les conditions d'essai des feux jaunes et des feux rouges étaient identiques (tableau 5). Les deux répartitions ont été classées par catégorie pour tout leur profil. Malgré les risques de l'analyse de trois trajets différents dans deux provinces du Canada, les courbes de répartition sont similaires en tous points. Globalement, même si, durant les essais des feux rouges les pré-signaux ont été déclenchés à une vitesse légèrement plus élevée, la distance et la durée étaient plus longues.

La durée du pré-signal est un des éléments les plus importants pour décrire le contexte des phases de pré-signalement et d'arrêt. En moyenne, pour les chauffeurs d'autobus qui utilisaient les feux rouges seulement, le pré-signal avait une durée plus courte d'une demi-seconde que dans le cas des chauffeurs utilisant les feux jaunes. Comme on peut le constater à la figure 7, trois observations de feux rouges sur quatre sont concentrées autour de la valeur moyenne, soit de 9 à 12 secondes. D'autre part, les observations sur les feux jaunes couvrent une plus grande plage de temps, beaucoup ayant une durée plus courte ou plus longue en mode pré-signalement.

En ce qui concerne la durée du signal d'arrêt, les observations sur les feux rouges et les feux jaunes recoupent une bonne répartition, comme l'illustre la figure 8, bien que les arrêts signalés par les feux rouges avaient une durée moyenne plus longue de 3 secondes par rapport à ceux signalés par les feux jaunes. Beaucoup d'observations englobant les deux systèmes sont dans la catégorie des arrêts de courte durée, soit de 5 à 10 secondes. Enfin, un grand nombre de catégories comportaient peu de cas de signaux de longue durée. Des temps d'arrêt plus longs sont susceptibles d'accroître le risque d'infraction à l'arrêt, mais ces arrêts se traduisaient souvent par la formation, devant l'autobus, d'une queue de véhicules qui protégeait la zone de dépassement. Comme les chauffeurs d'autobus l'ont signalé, il est parfois difficile de faire arrêter le premier véhicule, mais les conditions deviennent plus sécuritaires par après.

La répartition de la distance totale parcourue par l'autobus durant le pré-signal est très intéressante pour les deux systèmes mis à l'essai, comme on peut le voir à la figure 9, ce qui a donné une valeur moyenne identique de 90 m pour la totalité des observations. La répartition de distance avec les feux rouges est concentrée près de la moyenne, 65 % des utilisations de pré-signaux étant comprises dans la plage de 50 m à 150 m. Les feux jaunes ont été allumés sur une plus grande plage de distances, mais un plus grand nombre d'observations étaient réparties dans les distances courtes et les distances longues.

La vitesse de l'autobus au moment de l'activation du pré-signal s'est révélée un facteur déterminant dans le choix du critère de sélection. Si on collige tous les arrêts rapprochés dans la base de données, les feux jaunes comptent pour 20 % des cas de vitesse de l'autobus au-dessous de 30 km/h au moment de l'actionnement du pré-signal. Le fait d'exclure les arrêts équilibre la comparaison des vitesses initiales de l'autobus, comme le montre la figure 10. Les pré-signaux employés sur les routes à grande vitesse étaient généralement déclenchés à une vitesse correspondant à la vitesse maximale de l'autobus, mesurée juste avant que le chauffeur commence à freiner.

Tableau 5 Valeurs moyennes des paramètres de conduite de l'autobus par type de pré-signal

	Feux rouges	Feux jaunes	Total
Durée du pré-signal	10,4 s	11,0 s	10,7 s
Durée du signal d'arrêt	13 s	10 s	12 s
Distance parcourue durant le pré-signal	89 m	90 m	89 m
Vitesse de l'autobus au début du pré-signal	59 km/h	47 km/h	54 km/h

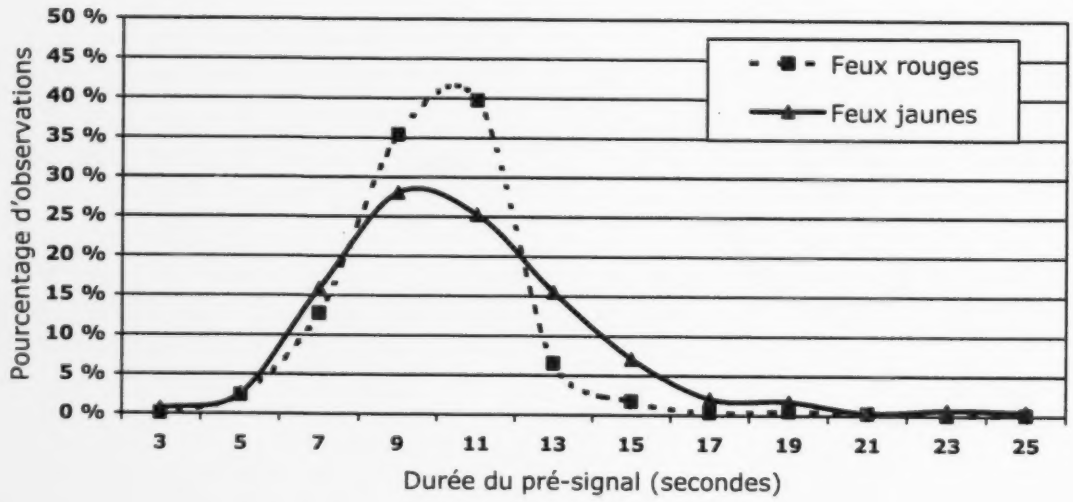

Figure 7 Durée du pré-signal

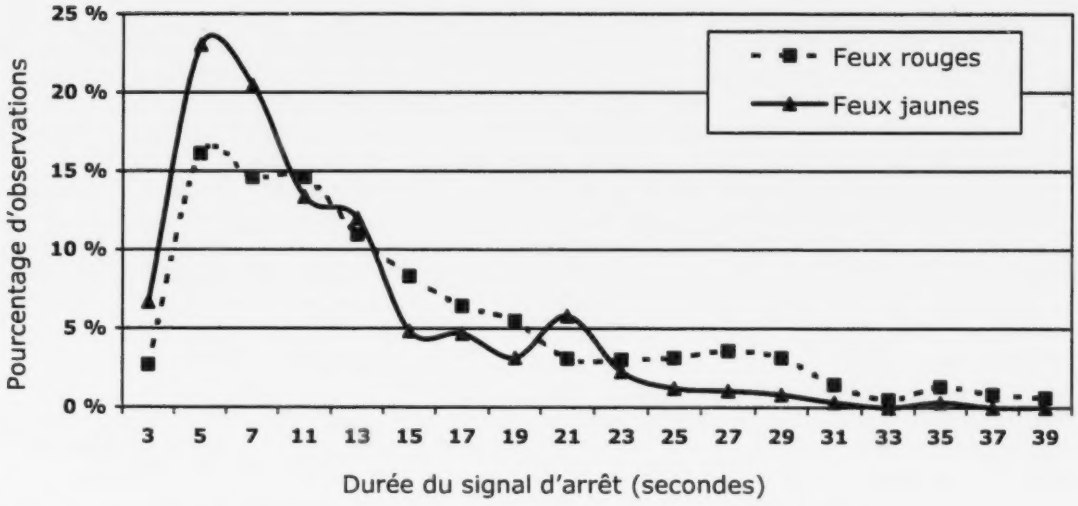

Figure 8 Durée du signal d'arrêt

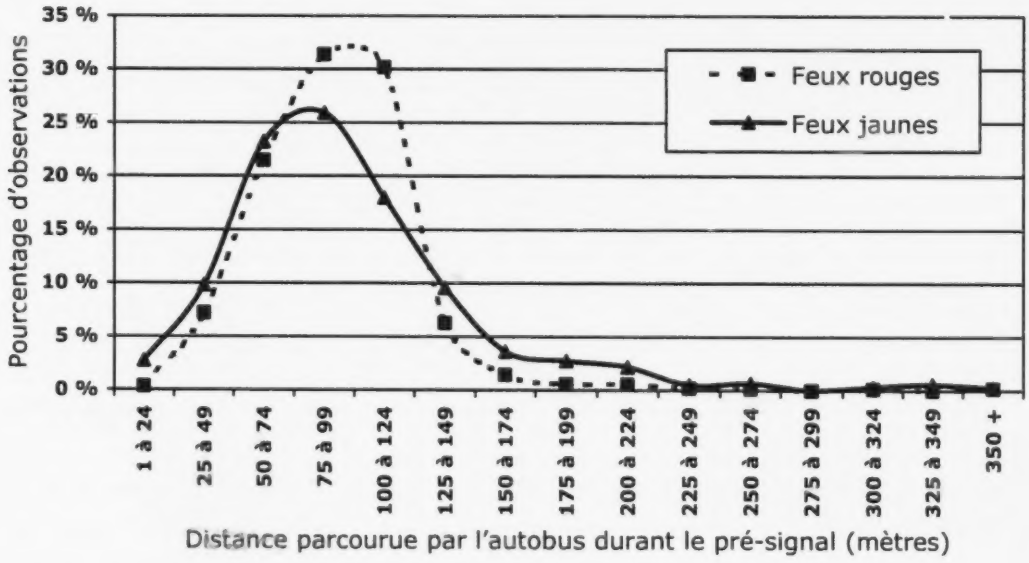

Figure 9 Distance parcourue par l'autobus durant le pré-signal

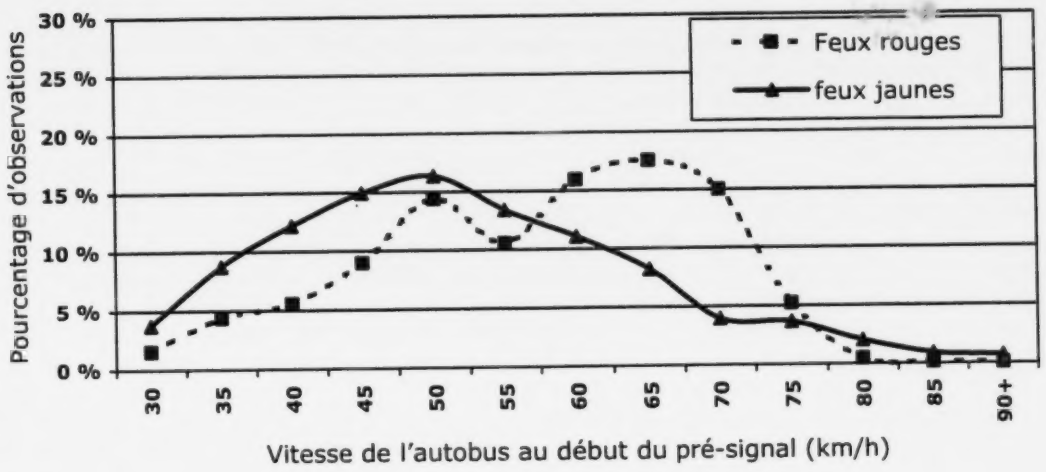

Figure 10 Vitesse de l'autobus au début du pré-signal

3.5 Limites de la méthodologie

3.5.1 Trajets comparables

La sélection de trajets appropriés en Saskatchewan et en Ontario a été perçue comme un possible obstacle à une analyse comparative. Il n'a pas été facile de trouver des trajets comparables mais, dès les premières phase du projet, on avait présumé de l'impossibilité de trouver des trajets identiques dans trois provinces différentes, et plus particulièrement si on préconisait des trajets correspondant à ceux pour lesquels on possédait déjà des données. Comme la sélection était orientée par les circuits des lignes d'autobus qui collaboraient au projet, on ne pouvait arriver à un nombre et une variété identiques d'arrêts. Le plus grand défi était de trouver un trajet d'autobus pouvant fournir une grande série d'observations englobant des routes à quatre voies, à chaussées non séparées, à circulation dense, affichant une limite de vitesse de 80 km/h.

Pour s'assurer du choix de trajets pertinents en Saskatchewan et en Ontario, les collaborateurs de ces deux provinces sont venus au Québec observer les trajets testés, ce qui explique probablement la sélection d'un trajet intéressant en Ontario. Sous certaines réserves, on peut considérer que le trajet ontarien correspond bien aux deux trajets étudiés au Québec. Le trajet de la région de London satisfait aux exigences de compatibilité avec des volumes et des contextes associés à une route à quatre voies (deux à contresens). Les trajets du Québec et de l'Ontario étaient compatibles et, ensemble, ont contribué pour 96 % des observations. Même si l'impossibilité de trouver des trajets identiques ne faisait aucun doute, il n'en demeure pas moins que les trajets de London et de Sherbrooke ont permis une analyse juste des deux systèmes de pré-signalement.

3.5.2 Impact du pré-signalement sur les infractions à l'arrêt

Dans une recherche antérieure (Bruneau, 1999a), le taux d'infractions à l'arrêt a été considéré comme indicateur d'efficacité pour un système spécifique, comme ce fut le cas du ralentissement dans l'analyse qui nous intéresse. Or, le respect ou non du signal d'arrêt de l'autobus par les automobilistes est probablement conditionné par plusieurs facteurs. Le

panneau d'arrêt escamotable et les feux rouges sont probablement les facteurs les plus importants de l'arrêt des automobilistes aux signaux des autobus scolaires, mais il est impossible d'évaluer, ne serait-ce qu'approximativement, l'effet spécifique du panneau d'arrêt escamotable, parce que celui-ci est toujours employé en combinaison avec les feux d'arrêt rouges. On peut tirer la même conclusion sur l'effet du pré-signal sur les infractions à l'arrêt. L'objectif du projet n'était pas d'identifier l'effet discret du pré-signal, mais de comparer les différences relatives au niveau du risque d'infractions à l'arrêt associé à chaque système de pré-signalement, tous les autres éléments contextuels demeurant similaires.

Comme les infractions à l'arrêt étaient rares, il fallait employer une méthode plus simple. La solution la plus pratique était de comparer les fréquences brutes d'infractions à l'arrêt pour les deux systèmes.

3.5.3 Réglages du radar

Le radar a du être installé sur le coté gauche du tableau de bord, près du volant, afin de réduire au maximum l'effet cosinus et pour compenser le plus possible la présence de voies multiples à certain arrêts. Malgré cette exigence, une partie des données sur les feux rouges ont été collectées alors que le radar était installé sur le coté droit, et dans le coin supérieur droit du pare-brise, ce qui a causé des lectures erronées ou des évaluations inexactes de la vitesse. C'est là l'explication la plus probable du faible nombre de mesures pour les feux rouges, particulièrement lors des arrêts sur route à deux voies à contresens. Les vitesses étaient inconnues dans 60 % des observations sur route à quatre voies, et dans 28 % des observations sur route à deux voies. Cela explique probablement pourquoi le nombre d'observations de feux rouges utiles pour le calcul du taux de ralentissement dépassait à peine la moitié des observations totales (871 sur 1654). Le radar fonctionnait mieux pour la collecte de données sur les feux jaunes alors que les vitesses étaient connues pour seulement 10 % à 15 % des observations dans toutes les situations, ce qui a entraîné le rejet d'une infime portion seulement du nombre total d'observations concernant les feux jaunes.

3.6 Méthodologie – enquête sur les chauffeurs d'autobus

Une enquête a été menée sur les chauffeurs d'autobus scolaires qui utilisaient les feux rouges comme mode de pré-signalement, dans le but de caractériser l'utilisation générale de ce système et de connaître la perception des chauffeurs quant à leur efficacité. Pour rédiger le questionnaire de 2001 on s'est inspiré du questionnaire de 1998, présenté dans le rapport de 1999.

Le questionnaire de 1998 s'adressait aux chauffeurs d'autobus scolaires du Québec dans les régions de Sherbrooke et de Montréal; une douzaine de compagnies d'autobus avaient prêté leur collaboration. Les principaux groupes de répondants étaient du Conseil scolaire des Cantons de l'Est et de l'entreprise Limocar - Autobus de l'Estrie. Un total de 181 questionnaires remplis ont été retournés, dont la moitié par des chauffeurs utilisant les feux jaunes. Quant à l'autre moitié du groupe, ils se servaient des feux de détresse comme mode de pré-signalement.

Au printemps de 2001, un questionnaire similaire a été soumis aux chauffeurs qui utilisaient les feux rouges. Ce questionnaire comportait de nouvelles questions, mais on avait conservé toutes les questions de 1999 afin d'obtenir la meilleure comparaison possible entre les deux systèmes. Des références spécifiques aux feux jaunes ont été appliquées aux feux rouges. Toutes les références propres au Québec ont été supprimées. Sur les 159 chauffeurs qui ont

répondu en 2001, la majorité conduisaient un autobus scolaire dans la région de London. La compagnie Murphy Bus Lines a participé à l'étude, ainsi que la compagnie Elgie Bus Lines, qui a également contribué à la collecte, sur le terrain, de données sur les feux rouges. Le tiers des répondants étaient de la Saskatchewan et conduisaient un autobus dans les régions de Regina (Buffalo Plains School Division) et de Saskatoon (Hertz Northern Bus).

Les données du questionnaire de 2001 ont été fusionnées avec celles du questionnaire de 1999, ce qui a donné un total de 340 réponses venant des trois provinces. Dans la base de données de 2001, tous les chauffeurs du groupe désigné comme utilisant les feux rouges les ont effectivement employés. En revanche, seulement 54 % du groupe associé aux feux jaunes utilisaient ces feux pour annoncer leur arrêt, l'autre moitié se servant plutôt des feux détresse. Il importe de reconnaître cette particularité puisque la nécessité d'avoir un groupe plus important de répondants pour les feux jaunes a conduit à l'inclusion de l'ensemble des résultats du questionnaire de 1998, sous la désignation «utilisateurs des feux jaunes». Les résultats sont présentés distinctement pour les deux groupes de répondants.

RÉSULTATS

Les résultats sont regroupés sous quatre sections représentant chaque séquence du processus d'arrêt de l'autobus scolaire : ralentissements et actions durant le pré-signal, suivis des mêmes informations pour le signal d'arrêt.

4.1 Variation de vitesse durant le pré-signal

Contrairement aux infractions à l'arrêt, dont l'occurrence est entièrement ou en partie influencée par le déploiement du panneau d'arrêt escamotable ou par l'arrêt complet de l'autobus, les variations de vitesse observées durant le pré-signal sont pratiquement toujours une conséquence directe de l'efficacité des feux de pré-signalement. Mesurer les variations de vitesse durant le pré-signalement constitue une méthode appropriée d'évaluer l'efficacité des deux systèmes. Il est intéressant de rappeler ici que durant la phase de pré-signalement l'autobus est encore en mouvement et le panneau d'arrêt n'est pas déployé.

Le tableau 6 illustre, selon le nombre de voies de circulation à contresens, la proportion d'automobilistes qui ont ralenti, qui ont maintenu leur vitesse et qui ont accéléré à la vue des feux de pré-signalement. Les feux jaunes ont fait ralentir autant d'automobilistes sur route à une voie en sens contraire que sur route à deux voies en sens contraire. À ce chapitre, la valeur moyenne pour toutes les observations est de 65 %. Dans le cas des feux rouges, on a observé un taux différent selon le nombre de voies, soit 73 % pour les routes à une voie en sens contraire, mais seulement 42 % dans le cas des routes à deux voies en sens contraire. Si on amalgame les résultats pour les deux systèmes de pré-signalement, on constate que la plupart des véhicules qui n'ont pas ralenti n'ont ni accéléré. Néanmoins, un très petit nombre de véhicules ont accéléré, soit moins de 1 % des 1 935 observations.

Tableau 6 Variation de vitesse[1] des automobiles à contresens durant le pré-signal

Voies à contresens	Variation de vitesse	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
		N^bre	%	N^bre	%	N^bre	%
1 voie	Ralentissement	316	72,5	431	66,3	747	68,8
	Maintien de vitesse	115	26,4	216	33,2	331	30,5
	Accélération	5	1,1	3	0,5	8	0,7
	Total	436	100,0	650	100,0	1 086	100,0
2 voies	Ralentissement	166	42,1	289	63,5	455	53,6
	Maintien de la vitesse	221	56,1	166	36,5	387	45,6
	Accélération	7	1,8	0	0,0	7	0,8
	Total	394	100,0	455	100,0	849	100,0
Total	Ralentissement	482	58,1	720	65,2	1 202	62,1
	Maintien de la vitesse	336	40,5	382	34,6	718	37,1
	Accélération	12	1,4	3	0,3	15	0,8
	Total	830	100,0	1 105	100,0	1 935	100,0

[1] Vitesses connues seulement

4.1.1 Vitesse moyenne des véhicules en rapprochement

Les mesures radars de la vitesse des véhicules indiquent une vitesse initiale moyenne à peine au-dessus de 80 km/h pour toutes les observations (figure 11). La vitesse initiale est la même pour les deux systèmes de pré-signalement. Il est bon de mentionner ici que les essais se sont déroulés dans des conditions similaires pour les deux systèmes de feux.

Le premier effet perceptible sur la vitesse des véhicules est survenu après environ trois secondes. Or, par la suite, les deux courbes de vitesse adoptent chacune un profil différent. Le ralentissement produit par les feux jaunes était plus constant et plus progressif que celui par les feux rouges. Dans le cas des feux jaunes, le ralentissement moyen était d'environ 5 km/h par seconde, survenu entre 3 et 10 secondes de pré-signalement. Puis, on observe un plateau de basse vitesse, soit d'environ 25 km/h, après 10 secondes de pré-signalement. En revanche, les feux rouges semblent n'être devenus efficaces qu'à la fin de la phase de pré-signalement. La vitesse moyenne était toujours de 60 km/h après 10 ou 11 secondes de pré-signalement et elle n'a diminué de manière appréciable qu'après 12 secondes de pré-signalement.

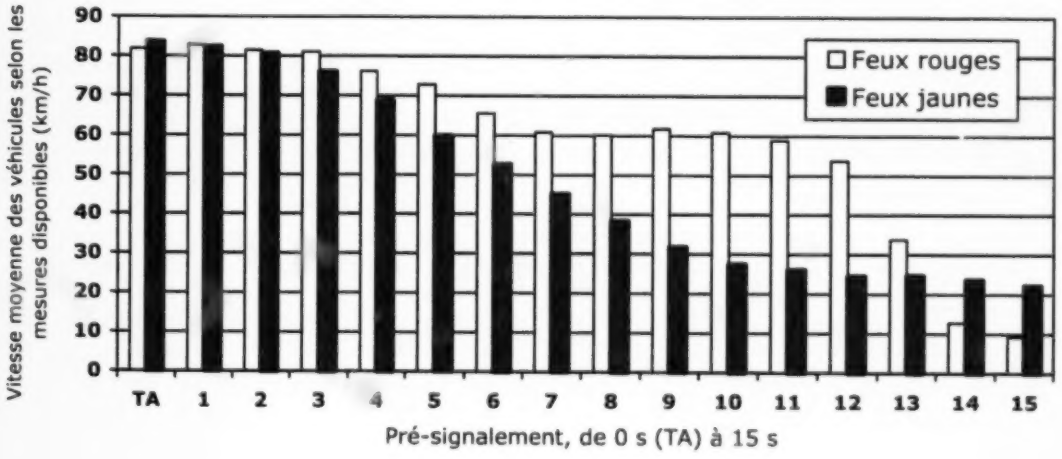

Figure 11 Vitesse moyenne des automobilistes durant le pré-signal

4.1.2 Efficacité à faire ralentir les automobilistes

Pour évaluer l'efficacité du pré-signalement à faire ralentir les automobilistes, nous avons considéré le nombre de véhicules qui ont réduit leur vitesse d'au moins 10 km/h. Ce groupe d'observations, qui définissaient le numérateur, ont été mises en corrélation avec toutes les observations valides, c'est-à-dire celles composées d'au moins deux mesures radars valides. Le tableau 7 illustre les conditions routières sous lesquelles un des deux systèmes de pré-signalement a donné un taux de ralentissement plus élevé, et fait ressortir les écarts statistiquement significatifs (au-dessus de 0,05) entre les deux systèmes (fréquences observées et fréquences attendues). Sont présentées au tableau 7 les conditions routières qui, sur une combinaison de 82 conditions établies selon une série de 24 paramètres, ont un indice d'efficacité significatif. On peut consulter l'annexe C pour accéder aux constatations détaillées, y compris celles qui ne sont pas significatives

Tableau 7 Efficacité à faire ralentir les automobilistes[1] (conditions établies par une valeur *p* de 0,05 ou plus)

	Feux rouges (FR)				Feux jaunes (FJ)				Efficacité des FJ		
	Ral.	Véh.	Exp.	Rapp.	Ral.	Véh.	Exp.	Rapp.	à faire ralentir		
Condition	(a^1)	(b^1)	(E^1)	(R^1)	(a^2)	(b^2)	(E^2)	(R^2)	RR	p	E(%)
80 km/h	290	575	325	0,9	269	415	234	1,1	0,78	,01	22
Zone périurbaine	60	154	92	0,6	421	648	389	1,1	0,60	,01	40
2 voies à contresens	166	394	211	0,8	289	455	244	1,2	0,66	,01	34
Véhicule descendant	107	205	126	0,9	306	468	287	1,1	0,80	,04	20
Route droite	457	793	498	0,9	557	821	516	1,1	0,85	,01	15
Dépass. interdit	364	672	392	0,9	344	542	316	1,1	0,85	,03	15
En vue ≥500 m	349	633	386	0,9	322	467	285	1,1	0,80	,01	20
Printemps	212	426	249	0,9	391	607	354	1,1	0,77	,01	23
Pré-signal 11-15 s	191	359	213	0,9	338	533	316	1,1	0,84	,05	16
4 véh. au p.-signal	28	81	42	0,7	91	150	77	1,2	0,57	,01	43
≥5 véh. au p.-signal	37	100	50	0,7	118	210	105	1,1	0,66	,03	34
Total 3-5 véh.	122	252	153	0,8	290	425	259	1,1	0,71	,01	29
Total ≥6 véh.	24	79	42	0,6	260	450	242	1,1	0,53	,01	47
Pos. TA 200-299 m	156	246	176	0,9	260	335	240	1,1	0,82	,05	18
Pos. TA 300-399 m	45	86	61	0,7	118	145	102	1,2	0,64	,01	36
Pos. TC 80-100 m	37	61	46	0,8	44	47	35	1,2	0,65	,05	35
Pos. TC ≥101 m	58	123	76	0,8	64	74	46	1,4	0,55	,01	45
Toutes conditions	482	830	516	0,9	720	1 105	686	1,0	0,89	,05	11

[1] Vitesses connues seulement; ralentissement ≥10 km/h

Selon l'indice global d'efficacité, qui tient compte de toutes les observations, l'efficacité relative des feux jaunes à faire ralentir les automobilistes d'au moins 10 km/h était de 11 %.

Les indicateurs en faveur d'un indice d'efficacité élevé des feux jaunes sont majoritairement reliés aux conditions routières difficiles associées par exemple à une zone périurbaine (+40 %), à deux voies à contresens (+34 %) et à une circulation dense (+47 %), amenant quatre, cinq, véhicules à contresens, voire plus. Ainsi, les quatre feux jaunes semblent plus efficaces (+36 %) s'ils sont activés lorsque le véhicule se trouve à 300–400 m de l'autobus, au début du pré-signalement. Les feux jaunes avaient aussi un impact plus grand (+16 %) lorsque les automobilistes étaient exposés au pré-signalement pendant une longue période. De plus, il est intéressant de noter que les feux rouges n'ont donné aucun résultat significatif en leur faveur.

Évaluer l'efficacité du pré-signalement en fonction d'un ralentissement de 10 km/h ou plus présente à la fois des avantages et des inconvénients. Ce critère répond à l'objectif de récupération du plus grand nombre d'observations, mais si la méthode est très spécifique, il ne suffit pas pour prendre en compte l'importance du ralentissement. Le tableau 8 montre l'efficacité du pré-signalement à faire ralentir les automobilistes, basée sur l'importance des

réductions de vitesse. Les indices d'efficacité sont calculés pour toutes les observations et les numérateurs sont déterminés pour des tranches de 10 km/h.

Tableau 8 Efficacité à faire ralentir les automobilistes[1], réduction de l'ordre de 10 km/h à 90 km/h

	Feux rouges (FR)				Feux jaunes (FJ)				Efficacité des FJ à faire ralentir les automobilistes		
	Ral	Véh.	Exp.	Ratio	Ral	Véh.	Exp.	Rapp.			
Réduction de vitesse	(a^1)	(b^1)	(E^1)	(R^1)	(a^2)	(b^2)	(E^2)	(R^2)	RR	p	E(%)
10 km/h	482	830	516	0,9	720	1 105	686	1,0	0,89	,05	11
20 km/h	251	830	330	0,8	518	1 105	439	1,2	0,65	,01	35
30 km/h	170	830	259	0,7	434	1 105	345	1,3	0,52	,01	48
40 km/h	109	830	214	0,5	391	1 105	286	1,4	0,37	,01	63
50 km/h	73	830	180	0,4	347	1 105	240	1,4	0,28	,01	72
60 km/h	57	830	150	0,4	292	1 105	199	1,5	0,26	,01	74
70 km/h	43	830	110	0,4	213	1 105	146	1,5	0,27	,01	73
80 km/h	35	830	70	0,5	129	1 105	94	1,4	0,36	,01	64
90 km/h	13	830	33	0,4	65	1 105	45	1,5	0.27	.01	73

[1] Vitesses connues seulement

Le tableau 8 met en évidence le lien significatif qui existe entre l'utilisation des feux jaunes et le ralentissement des automobilistes en réaction au pré-signalement. Lorsqu'on applique un critère d'inclusion permissif, par exemple un ralentissement de 10 km/h, l'écart entre les deux systèmes de pré-signalement est passablement faible. Or, lorsqu'on cible des ralentissements d'au moins 50 km/h pour établir le numérateur, l'efficacité relative des feux jaunes fait un bond à 72 %, et atteint un niveau équivalant à trois fois celui des feux rouges. De plus, sans égard à l'importance du ralentissement (de l'ordre de 10 km/h à 90 km/h), tous les indices obtenus sont significatifs compte tenu du seuil de 5 %.

4.1.3 Ralentissement selon la durée d'exposition au pré-signal

Le ralentissement moyen a été calculé pour toutes les observations fondées sur des durées d'exposition comparables, c'est-à-dire de 5 à 15 secondes (figure 12). La courbe de répartition et la courbe de tendance des durées d'exposition illustrent le même phénomène : le ralentissement est plus marqué avec l'utilisation des feux jaunes. Ces derniers produisent un ralentissement moyen de l'ordre de 28 km/h à 32 km/h, contre 10 km/h à 12 km/h pour le feux rouges. Selon les deux lignes de régression, le ralentissement est supérieur de 20 km/h, en moyenne, pour les feux jaunes, constatation qui s'avère autant pour les durées d'exposition courtes que pour les longues. Une faible régression inverse apparaît si on met le ralentissement en rapport avec la durée d'exposition, mais les réductions de vitesse ne sont que légèrement plus faibles aux durées les plus longues. Par conséquent, la durée de l'exposition aux feux de pré-signalement ne semble pas influer de manière significative sur le ralentissement qui s'opère durant le pré-signalement.

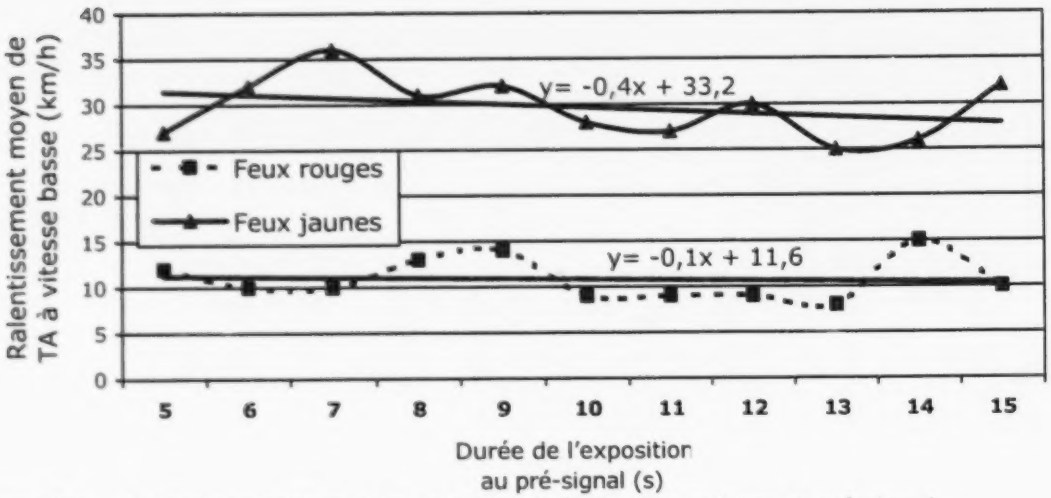

Figure 12 Ralentissement moyen selon la durée de l'exposition au pré-signal

4.1.4 Importance des ralentissements

On voit à la figure 13 la répartition des observations pour lesquelles on a constaté des ralentissements d'au moins 10 km/h (entre la vitesse initiale et la vitesse la plus faible observée). Les ralentissements sont présentés par tranches de 10 km/h, jusqu'au-dessus de 100 km/h.

Dans le cas des feux rouges, la moitié des observations étaient des ralentissements variant entre 10 km/h et 20 km/h. En examinant la répartition concernant les feux jaunes, on peut constater deux groupes distincts d'observations, donnant à la courbe un aspect bimodal. Le premier groupe d'automobilistes a également montré de faibles ralentissements, soit de l'ordre de 10 km/h à 20 km/h pour 30 % des cas. Quant à l'autre groupe, les ralentissements observés étaient importants, variant entre 60 km/h et 80 km/h. Effectivement, la moitié des ralentissements causés par les feux jaunes étaient dans la plage de 50 km/h à 90 km/h, contre moins de 20 % pour ce qui est des ralentissements provoqués par les feux rouges.

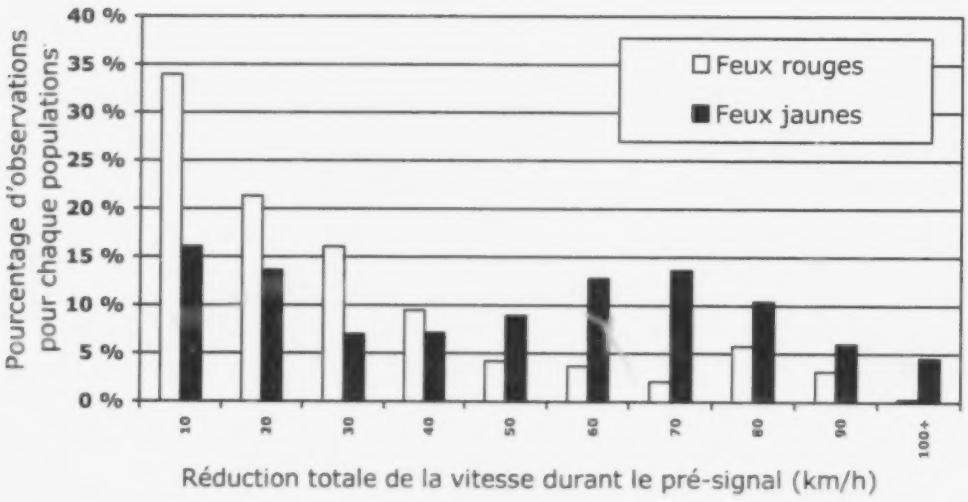

Figure 13 Ralentissement total durant le pré-signal

4.2 Événements durant le pré-signalement

Durant la phase de pré-signalement, un plus grand nombre de véhicules dépassent l'autobus s'il utilise les feux jaunes, comme l'illustre le tableau 9. Sur les routes à deux voies, près de la moitié des automobilistes s'approchant des feux jaunes (44 %) ont dépassé l'autobus avant le déploiement du panneau d'arrêt. Durant la phase feux rouges, près de la totalité des automobilistes sont restés devant l'autobus, immobilisés ou en mouvement (87 %).

Tableau 9 Actions des automobilistes durant le pré-signal

Voies sens contraire	Action de l'automobiliste	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
		n^bre	%	n^bre	%	n^bre	%
1 voie	a dépassé l'autobus	75	12,5	353	43,8	428	32,4
	n'a pas dépassé l'autobus : s'est immobilisé	33	5,5	44	5,5	77	5,8
	n'a pas dépassé l'autobus : ne s'est pas immobilisé	493	82,0	409	50,7	814	61,7
	Total	601	100,0	718	100,0	1 319	100,0
2 voies	a dépassé l'autobus	403	40,6	283	53,7	686	45,2
	n'a pas dépassé l'autobus : s'est immobilisé	17	1,7	12	2,3	29	1,9
	n'a pas dépassé l'autobus : ne s'est pas immobilisé	572	57,7	232	44,0	804	52,9
	Total	992	100,0	527	100,0	1 519	100,0
Total	a dépassé l'autobus	478	30,0	636	51,1	1 114	39,3
	n'a pas dépassé l'autobus : s'est immobilisé	50	3,1	56	4,5	106	3,7
	n'a pas dépassé l'autobus : ne s'est pas immobilisé	1 065	66,9	553	44,4	1 618	57,0
	Total	1 593	100,0	1 245	100,0	2 838	100,0

La situation était différente sur une route à quatre voies, où les feux rouges ont provoqué un comportement plus similaire à celui des feux jaunes : près de la moitié des véhicules (41 %) ont croisé l'autobus durant le pré-signalement; les autres véhicules sont restés devant, immobilisés ou en mouvement.

Provoquer l'arrêt des véhicules durant la phase de pré-signalement ne constitue pas un résultat souhaitable si cela s'accompagne d'un freinage soudain. Quoique rare sur les routes à quatre voies, cette situation était plus fréquente sur les routes à une seule voie à contresens (6 %).

Les fréquences observées ont été soumises a un test du chi-carré, ce qui a permis de révéler une différence significative entre les trois types d'actions pour les deux systèmes, et ce, dans les deux contextes : une ou deux voies à contresens ($p < 0,05$). On a voulu s'assurer que ces relations significatives n'étaient pas causées par le faible nombre de véhicules observés qui se sont immobilisés durant le pré-signalement : le même test a été effectué, mais en excluant les véhicules immobilisés. Dans ce cas-ci donc, la valeur *p* du test du chi-carré est restée significative.

4.3 Ralentissements durant le signal d'arrêt

Vu le grand nombre d'automobilistes qui avaient déjà ralenti avant que le panneau d'arrêt soit déployé, et comme ils anticipaient l'activation du signal d'arrêt, la plupart ont ralenti pendant que le signal d'arrêt était activé. En fait, ceux qui n'ont pas ralenti au signal d'arrêt ou au pré-signal sont ceux qui ont dépassé l'autobus illégalement, sujet de la prochaine section.

4.4 Taux d'infractions à l'arrêt

Pour ce qui est des infractions à l'arrêt, le taux était légèrement moins élevé dans le cas des feux jaunes. L'écart constaté entre les deux systèmes était significatif pour toutes les observations. Comme l'illustre le tableau 10, il n'y a aucune différence entre les deux si on considère le nombre de voie à contresens.

Tableau 10 Taux d'infractions à l'arrêt selon le nombre de voies à contresens

Voies à contresens	Feux rouges			Feux jaunes			Total			
	Dépass.	Véh.	%	Dépass.	Véh.	%	Dépass.	Véh.	%	p
1 voie	13	601	2,2	8	718	1,1	21	1 319	1,6	-
2 voies	55	992	5,5	27	527	5,1	82	1 519	5,4	-
Total	68	1 593	4,3	35	1 245	2,8	103	2 838	3,6	0,04

p : valeur *p* du test du chi-carré, fréquences observées par rapport aux fréquences attendues

Le facteur qui influe le plus sur les infractions à l'arrêt est vraisemblablement le nombre de voies. Un autobus sur une route à deux voies à contresens est beaucoup plus susceptible de se faire dépasser qu'un autobus sur une route avec une seule voie à contresens. Les taux d'infractions à l'arrêt sont de 5,4 % et 1,6 % respectivement pour les routes à deux voies et à quatre voies. Si on prend le cas des routes dont deux voies sont à contresens, les véhicules dans la voie à l'extrême droite, c'est-à-dire celle la plus éloignée de l'autobus, se

trouvaient à une distance d'environ 15 mètres de l'autobus. La combinaison de cette distance et le grand angle de vision de l'autobus par les automobilistes explique probablement le taux supérieur d'infractions à l'arrêt enregistré sur les routes à quatre voies. La méconnaissance du règlement peut aussi jouer un rôle. Le taux de mauvaises réponses notées à l'occasion d'enquêtes sur les automobilistes a déjà laissé entrevoir une telle possibilité (Hale et al, 1983; TRB, 1989; CUTR, 1997).

4.4.1 Influence des feux sur l'incidence des infractions à l'arrêt

Le tableau 11 présente la réduction des infractions à l'arrêt significatives, au-dessus du seuil de 5 %. À l'annexe D, on trouve la liste de toutes les baisses du taux d'infractions à l'arrêt obtenues pour les feux rouges et les feux jaunes. Au total, pour 12 des 82 conditions routières on pouvait établir un lien entre les feux jaunes et la diminution des infractions à l'arrêt. Il n'existe cependant pas de lien évident entre les feux rouges et la baisse du taux d'infractions à l'arrêt. Même si toutes les situations significatives d'infractions à l'arrêt jouent en faveur des feux jaunes, l'écart entre l'efficacité des deux systèmes n'est pas élevé. Il est intéressant de mentionner que le fait d'exclure les observations d'arrêts rapprochés a grandement influé sur le profil actuel des feux jaunes. Au début, durant les essais tenant compte de tous les arrêts rapprochés, le taux d'infractions était identique pour les deux types de feux, signe que la probabilité d'observer une infraction est plus forte aux arrêts rapprochés, en raison de la confusion causée par ce type d'arrêt, particulièrement sur route à deux voies à contresens. En fait, beaucoup d'arrêts rapprochés avec feux jaunes exclus de la base de données étaient sur une route à quatre voies.

Tableau 11 Efficacité à réduire les infractions à l'arrêt
(conditions routières selon une valeur *p* de 0,05 ou plus)

	Feux rouges (FR)				Feux jaunes (FJ)				Taux de réduction	
Condition	Dép.	Exp.	Véh.	%	Dép.	Exp.	Véh.	%	FR-FJ	p
Avant-midi	25	19	764	3,3	8	14	596	1,3	1,9	,02
90 km/h	13	4	110	11,8	6	15	465	1,3	10,5	,01
Zone rurale	56	47	1 285	4,4	9	18	503	1,8	2,6	,01
Route droite	66	57	1 541	4,3	25	34	927	2,7	1,6	,05
Pas de traversée d'écolier	59	45	1 189	5,0	28	42	1 088	2,6	2,4	,01
Visibilité ≥500 m	57	48	1 199	4,8	12	21	528	2,3	2,5	,02
Faible luminosité	11	6	208	5,3	10	15	524	1,9	3,4	,01
Exposition de 11-15 s	39	26	707	5,5	5	18	472	1,1	4,5	,01
Pré-signal de 11-15 s	43	30	752	5,7	10	23	579	1,7	4,0	,01
Distance parcourue 100-149 m	26	19	581	4,5	5	12	343	1,5	3,0	,02
≥6 véhicules	21	12	249	8,4	15	24	503	3,0	5,5	,01
Toutes conditions	68	58	1 593	4,3	35	45	1 245	2,8	1,5	,04

4.5 Questionnaire adressé aux chauffeurs d'autobus

4.5.1 Perception de la normalisation par les chauffeurs

À une question sur la nécessité de pré-signaler l'arrêt ou d'adopter des systèmes de signalisation standards pour les autobus scolaires, les chauffeurs ont répondu ce qui suit :

- Le pré-signalement est plus sécuritaire (95 %).
- Un pré-signal standard doit être adopté partout au Canada (93 %).
- Les chauffeurs utilisant les feux rouges souhaitent qu'ils deviennent standards.
- Les chauffeurs utilisant les feux jaunes souhaitent qu'ils deviennent standards.

4.5.2 Techniques de pré-signalement

La grande majorité des chauffeurs d'autobus scolaire utilisent les mêmes techniques pour pré-signaler leur arrêt, sans distinction du type de feux, jaunes ou rouges :

- La plupart des chauffeurs font toujours un pré-signalement, sans égard à l'endroit de l'arrêt (82 %).
- Ils varient la distance sur laquelle le signalement est activé, selon la situation (82 %).
- Beaucoup de chauffeurs activent les feux de pré-signalement le plus tôt possible (38 %).
- Les chauffeurs surveillent d'abord la présence de véhicules lourds pour les laisser passer avant d'activer les signaux (24 %).

L'examen attentif des techniques employées pour le pré-signalement, particulièrement la durée du pré-signalement et la distance parcourue par l'autobus pendant cette phase, fait apparaître que ces paramètres varient beaucoup selon les circonstances. Un examen du groupe de chauffeurs qui utilisaient les feux rouges a permis de calculer les valeurs moyennes suivantes à partir des réponses disponibles :

- Pour la catégorie «distance variable» : moyenne de 115 m, plage de 75 m.
- Pour la catégorie «durée variable» : moyenne de 15 s, plage de 10 s.

Malheureusement, dans cette enquête, on a relevé seulement cinq chauffeurs, au Canada, qui avaient déjà utilisé à la fois les feux jaunes et les feux rouges comme moyens de pré-signalement, d'où la difficulté d'établir une comparaison valable entre les deux méthodes.

4.5.3 Perception de l'efficacité du pré-signalement par les chauffeurs

Selon les chauffeurs utilisant les feux rouges et les feux jaunes, les automobilistes semblent démontrer une compréhension «moyenne» du pré-signalement. Cette catégorie spécifique de chauffeurs comptait pour 39 % de toutes les réponses. Il y a donc encore place pour améliorer la connaissance de la loi par les automobilistes.

À la question de savoir si les feux clignotants de pré-signalement encouragent les automobilistes à dépasser l'autobus, la majorité des chauffeurs utilisant les feux jaunes (72 %) ont répondu oui. Ce n'était pas le cas avec les utilisateurs des feux rouges (77 %). Cette situation est liée à un effet d'attente manifestée par les automobilistes – le pré-signalement est une invitation à dépasser l'autobus. Les données recueillies durant cette étude ne soutenaient pas la théorie voulant que les feux de pré-signalement d'arrêt incitent

les automobilistes à accélérer avant que les feux rouges s'allument. Les deux systèmes réunis n'ont produit que quinze accélérations – 12 ont été observées avec les feux rouges – sur un total de plus de 1 900 observations (tableau 6).

4.5.4 Infractions à l'arrêt remarquées par les chauffeurs

Les infractions à l'arrêt observées par les chauffeurs se résument à ce qui suit :

- 1/3 des chauffeurs ont remarqué au moins un dépassement illégal par jour
- 2/3 des dépassements illégaux sont effectués par des véhicules à contresens
- 2/3 des dépassements illégaux ne semblent pas délibérés

La faible partie de dépassements intentionnels, selon l'estimation fournie par les chauffeurs d'autobus qui ont pu observer de près les automobilistes depuis leur siège, laisse poindre une certaine lueur d'espoir. L'ignorance demeurant toujours un facteur contributif des infractions à l'arrêt, on peut avancer que l'éducation, une meilleure connaissance de la loi et une amélioration des compétences des automobilistes peuvent contribuer à rehausser davantage la sécurité.

4.5.5 Commentaires des chauffeurs

Beaucoup de répondants ont ajouté des commentaires de même que des détails supplémentaires à leurs réponses aux diverses questions. Un grand nombre de commentaires étaient pertinents et méritaient que l'on s'y intéresse Les chauffeurs d'autobus sont particulièrement sensibles aux détails susceptibles d'améliorer la sécurité des enfants, mais ils savent également qu'il est difficile d'éliminer les risques au quotidien. Ils sont d'avis que sans système standardisé et sans campagne de publicité, les automobilistes resteront confus à la vue des feux clignotants d'un autobus scolaire. Les quelques commentaires suivants résument une infime partie des opinions exprimées.

«Jaune pour avertir; rouge pour annoncer l'arrêt.»
«Avec des autobus identiques, il n'y aurait plus de confusion.»
«Les automobilistes ne connaissent pas les règlements concernant les arrêts des autobus scolaires.»
«Formation obligatoire, uniforme, pour tous les conducteurs au Canada.»
«Un panneau d'arrêt escamotable doit être installé près de chaque extrémité de l'autobus.»
«Tous les conducteurs devraient connaître la signification des feux clignotants rouges sur un autobus scolaire.»
«Ce règlement de la circulation devrait être adopté partout au Canada.»
«Un système standard porterait moins à confusion.»
«Plus de gens le comprendraient.»

5 DISCUSSION DES RÉSULTATS

À la lumière des études antérieures et compte tenu des constatations, rien ne met en doute la nécessité, pour le chauffeur de l'autobus, d'employer comme système de pré-signalement l'un ou l'autre des deux dispositifs étudiés dans la présente recherche. Les deux questionnaires adressés aux chauffeurs, en 1998 et en 2001, ont produit les mêmes résultats; de plus, les opinions émises par les chauffeurs ont confirmé les observations sur le terrain.

Au début, beaucoup d'éléments de l'expérience sur le terrain semblaient poser un obstacle majeur à l'étude. Le projet visait à étudier deux populations différentes d'automobilistes présentant probablement des distinctions culturelles ou de comportement envers la réglementation touchant l'arrêt des autobus scolaires. La collecte des données a également eu sa part de problèmes, s'agissant de comparer des conditions identiques pour ce qui est de la route, de points d'arrêt et des trajets empruntés. Parallèlement, les éléments mesurés, par exemple le respect de l'arrêt obligatoire, peuvent être influencés, en tout ou en partie, par le panneau d'arrêt escamotable, par les feux rouges clignotants ou par une combinaison de ces deux dispositifs. L'influence de chacun pris isolément demeure inconnue.

Pour réduire l'impact potentiel de ces paramètres sur les observations, on avait sélectionné des trajets comparables en Ontario et au Québec, exclu les observations qui ne pouvaient se prêter à la comparaison (p. ex. les arrêts très rapprochés) et utilisé un protocole commun pour la collecte des données et l'examen des bandes vidéo. Malgré ces précautions, la qualité des données de l'observation peut avoir été victime des inconvénients découlant de l'effet combiné de ces considérations et du défi que présentait l'étalement sur deux ans de la collecte de données proprement dite. Sept critères de sélection ont été retenus pour exclure les données inacceptables, ce qui a donné un bilan de 2 838 cas pour l'analyse des infractions à l'arrêt et de 1 935 cas pour l'évaluation des ralentissements mesurés par le radar. Les résultats de la campagne de 2001 étaient similaires à ceux obtenus dans le rapport de 1999, ce qui renforce les valeurs obtenues pour le taux de ralentissement et le taux d'infractions à l'arrêt.

L'absence de différence marquée entre les résultats des deux systèmes n'est pas étonnante. L'analyse s'est penchée sur deux dispositifs qui, *à priori*, sont très efficaces et causent très peu d'accidents. Évidemment, isoler les deux systèmes d'un point de vue de la statistique présente un défi considérable. Une amélioration de l'ordre de 11 % dans le cas d'une situation déjà sécuritaire, par exemple le ralentissement des véhicules durant la phase de pré-signalement, ne réduira pas les risques de manière significative pour les écoliers qui traversent la chaussée. Il importe de souligner que sur un total de 2 838 arrêts d'autobus observés, les enfants ont franchi la chaussée dans 20 % des cas. Comme l'a révélé l'enquête sur les chauffeurs, ceux-ci, pour plus de sécurité, n'ouvrent pas la porte de l'autobus avant de s'être assuré que les écoliers peuvent traverser la chaussée sans danger. Par conséquent, il est très peu probable qu'un enfant traverse pendant que survient une infraction à l'arrêt suivant. Enfin, un seul véhicule a dépassé l'autobus au moment où un enfant traversait la chaussée.

L'écart entre les deux systèmes pour ce qui est des infractions à l'arrêt est plus difficile à interpréter que pour les ralentissements. Les signaux d'arrêt contribuent entièrement ou en partie au respect de l'arrêt obligatoire par les automobilistes, probablement davantage que le pré-signalement. D'autres facteurs influent sur cette mesure, y compris le trajet de

l'autobus, le type de conduite et/ou la configuration de la route, de même que l'interprétation des règlements sur les feux clignotants par chacune des provinces où l'étude a été menée. Malgré les difficultés inhérentes à la méthodologie employée pour comparer les systèmes, les deux populations visées par l'étude ont été observées dans des conditions de pré-signalement presque identiques comme le démontre la comparabilité des paramètres reliés au comportement du chauffeur d'autobus en conduite. Il existe une similitude quant à la durée du pré-signal et à la distance parcourue entre les feux rouges et les feux jaunes, de même que dans la distance parcourue par l'autobus durant le pré-signalement. La vitesse initiale moyenne de l'autobus au début du pré-signal était légèrement plus élevée avec les feux rouges, soit de 59 km/h contre 47 km/h pour les feux jaunes. Or, la vitesse initiale moyenne des automobilistes était similaire pour les deux types de feux, soit de 80 km/h durant les 2 ou 3 premières secondes de pré-signalement.

On a soulevé la possibilité d'une analogie entre les arrêts signalés par les autobus et ceux indiqués par les feux de circulation aux intersections. Comme on s'y attendait avec ces derniers, les feux rouges devraient être automatiquement associés à un signal d'arrêt. De ce point de vue, les feux rouges devraient constituer le moyen le plus efficace pour indiquer aux automobilistes qu'ils doivent s'arrêter et, au surplus, pour les faire ralentir.

Sur les routes à une voie à contresens, près de la moitié (44 %) des automobilistes, à la vue des feux jaunes clignotants, ont dépassé l'autobus avant que le panneau d'arrêt soit déployé. Ce comportement laisse entendre que ces feux sont associés à un avertissement et qu'ils n'interdisent pas de dépasser de l'autobus, ce qui correspond au message que l'on veut communiquer aux automobilistes. Avec les feux rouges, près de la totalité (87 %) des automobilistes observés sont restés devant l'autobus, immobilisés ou en mouvement. Ce résultat pourrait signifier que les feux rouges sont beaucoup plus associés à un signal d'arrêt qu'à un signal d'avertissement. Les automobilistes perçoivent normalement les feux rouges comme une obligation d'arrêter leur véhicule; de plus, cette hypothèse semble être confirmée par le pourcentage élevé obtenu avec l'utilisation des feux rouges sur route à une voie à contresens. Également, contrairement à la croyance générale, ni les feux rouges ni les feux jaunes n'ont produit d'effets négatifs comme inciter les automobilistes à accélérer lorsqu'ils les apercevaient.

Ces résultats ne s'appliquant qu'à des zones rurales ou périurbaines, ils ne devraient pas servir d'indicateurs d'efficacité pour les zones urbaines fortement congestionnées. La recherche antérieure sur le terrain n'a pas évalué l'efficacité du pré-signalement par les feux jaunes dans les zones urbaines. Un étude distincte devrait être menée pour vérifier si l'utilisation des feux jaunes plutôt que les feux rouges pour annoncer l'arrêt aurait des avantages similaires dans les zones urbaines. Par ailleurs, il serait intéressant d'étudier la particularité des arrêts rapprochés dans les zones rurales ou périurbaines, cette caractéristique semblant présenter un taux d'infractions à l'arrêt plus élevé. On pourrait supposer que les arrêts rapprochés sont plus nombreux dans les zones urbaines et que cela aurait pu être un facteur dans la décision prise par certaines municipalités d'interdire l'utilisation des signaux d'arrêt à l'intérieur des limites de la ville et d'exiger que les écoliers montent ou descendent seulement aux passages piétons habituels.

L'étude a mesuré le risque potentiel d'infractions à l'arrêt dans le cas des écoliers qui doivent traverser la chaussée, bien que les collisions entre véhicules autres que l'autobus scolaire présentent un autre danger potentiel aux points d'arrêt d'autobus scolaire. À une occasion, durant la collecte de données sur les feux rouges, un véhicule a embouti celui qui le précédait, le conducteur de ce dernier ayant freiné trop brusquement après avoir vu les feux rouges clignotants et le panneau d'arrêt déployé. Ce type d'accident, causé soit par un manque d'attention, soit par un freinage brutal, signifie en partie que les automobilistes n'ont pas une bonne compréhension du but des feux rouges. L'Île-du-Prince-Édouard est

récemment passée au système à huit feux par suite d'un accident impliquant un camion et une automobile à un arrêt d'autobus scolaire. Les autorités étaient d'avis qu'en harmonisant la technique de pré-signalement avec celle d'autres provinces Maritimes (Nouveau-Brunswick et Nouvelle-Écosse), on pourrait réduire le risque de confusion chez les automobilistes. Il semblerait, d'après les données disponibles, que l'utilisation des feux jaunes comme moyen de pré-signalement dans un contexte avec lequel les automobilistes sont très familiers contribue logiquement à les préparer à faire un arrêt en plus d'aider à réduire le risque d'un freinage brutal.

De la même manière, on estime qu'il faudrait réexaminer le message d'avertissement qui paraît à l'arrière des autobus scolaires et son influence sur les actions des automobilistes. Par exemple, dans certaines provinces qui utilisent les feux rouges comme pré-signal, l'autobus porte l'inscription «Ne pas dépasser lorsque les feux clignotent». Ce message est incorrect parce que les feux rouges clignotent aussi durant la phase de pré-signalement, durant laquelle le dépassement est permis.

6 CONCLUSION

L'étude a permis de réaliser les objectifs fixés, soit de comparer l'efficacité relative des deux systèmes de pré-signalement les plus couramment employés au Canada, et de recueillir l'opinion des chauffeurs d'autobus scolaire sur l'utilisation de ces deux systèmes.

Dans les conditions observées en zones rurales et périurbaines caractérisées par des vitesses de circulation entre 70 km/h et 90 km/h, les deux systèmes ont eu une efficacité à peu près équivalente du point de vue des risques pour les enfants devant traverser la chaussée. Un écart statistiquement valide de 1,5 % dans les données brutes jouait en faveur des feux jaunes au chapitre du taux d'infractions à l'arrêt, bien qu'il s'agisse d'une différence trop faible pour conclure, en se fondant uniquement sur cette donnée, que les feux jaunes sont une solution plus sécuritaire. En revanche, cette constatation favorisant les feux jaunes n'est pas étonnante parce qu'elle correspond à ce que les automobilistes s'attendent de ces feux d'avertissement puisque ceux-ci imitent la séquence des feux de circulation. Les feux jaunes dissipent l'incertitude, chez l'automobiliste, qui doit bien reconnaître, dans le processus d'arrêt, s'il s'agit de la phase de pré-signalement d'arrêt ou de signalement d'arrêt.

L'efficacité légèrement supérieure des feux jaunes ne réduit pas de manière significative le risque d'accidents pour les enfants qui traversent la chaussée, vu que cette action est déjà très sécuritaire. Le taux global d'infractions à l'arrêt observé durant cette recherche était de 4 %. Un seul véhicule a dépassé l'autobus pendant que des écoliers traversaient.

Néanmoins, on a enregistré des ralentissements plus importants avec l'utilisation des feux jaunes qu'avec les feux rouges, durant la phase de pré-signalement. Aussi, les feux jaunes ont produit une efficacité supérieure de 11 % aux feux rouges lorsqu'il s'agissait de réduire d'au moins 10 km/h la vitesse des véhicules venant en sens inverse à partir du début de l'activation du pré-signalement, et ce, à tous les endroits et dans toutes les conditions routières. L'efficacité relative des feux jaunes est grimpée à 34 % sur les routes comportant deux voies à contresens, et elle est restée élevée dans des circonstances particulières comme les zones périurbaines ou les zones à forte densité de circulation.

Enfin, pour ce qui est du questionnaire adressé aux chauffeurs des autobus scolaires, les résultats ont confirmé ceux obtenus avec la première enquête. Il ressort donc de ces enquêtes que les chauffeurs souhaitent une même méthode de pré-signalement à la grandeur du Canada. Les chauffeurs interrogés ont également mentionné la confusion des automobilistes et le manque de connaissance des règlements concernant les arrêts d'autobus scolaires.

7 RECOMMANDATIONS

À la lumière des études antérieures sur le pré-signalement d'arrêt par les autobus scolaires et des résultats de la présente étude, les chercheurs ont formulé les recommandations suivantes :

1. Le pré-signalement d'arrêt devrait être obligatoire à la grandeur du pays, parce qu'il améliore la sécurité des écoliers, surtout de ceux qui traversent la route aux arrêts d'autobus et, très vraisemblablement, la sécurité des automobilistes s'approchant d'un autobus sur le point de faire un arrêt.

2. On devrait normaliser les feux jaunes (système à huit feux) et les rendre obligatoires sur tous les autobus scolaires, parce qu'ils se sont révélés légèrement supérieurs aux feux rouges, et par souci d'harmonisation avec les États-Unis, les feux jaunes étant utilisés dans près de 100 % des États américains, et, enfin, parce qu'ils n'ont aucun effet négatif.

3. Il est urgent de mettre en place un équipement et une procédure normalisés de pré-signalement au Canada pour réduire la confusion des automobilistes, et de mener en parallèle une campagne nationale de sensibilisation des automobilistes.

4. Pour confirmer les perceptions des chauffeurs d'autobus scolaire sur la connaissance de la loi par les automobilistes et pour renforcer la nécessité d'adopter un système standard de pré-signalement, une enquête nationale devrait être menée dans le but de vérifier le comportement des automobilistes lorsque l'autobus va s'arrêter. Si un des deux systèmes de pré-signalement essayés dans l'étude est normalisé, il serait alors préférable de faire l'enquête une fois la campagne de sensibilisation terminée, afin d'en mesurer le succès.

5. Les messages du type «Arrêtez aux signaux clignotants», affichés à l'arrière des autobus scolaires, devraient être formulés différemment, pour qu'ils tiennent compte du système de pré-signalement en usage et pour que les automobilistes comprennent clairement ce qu'ils doivent faire lorsque l'autobus est sur le point d'arrêter pour laisser monter ou descendre des enfants.

6. D'autres recherches s'imposent sur le taux d'infractions aux arrêts d'autobus qui sont rapprochés. La présente étude donne à penser qu'il faudrait réduire ou éliminer ces dangers dans les zones rurales et dans les zones périurbaines.

RÉFÉRENCES

AFT, IFTIM (2000). Voyageurs/Scolaires. Maintenir une haute sécurité. Promotion Transports, April (381), Paris, France, p. 16-18.

Baltes, M.R. (1997). Illegal Passing of Stopped School Buses. Transportation Research Board 76th Annual Meeting, January 12-16, 1997, Washington, D.C., Reprint No. 97-0068, p. 25.

Bergeron, J., Paquette, M., Thiffault, P. (2000). Évaluation sur simulateur de conduite de l'efficacité du pré-signalement d'arrêt sur les autobus scolaires. Université de Montréal, Ministère des Transports du Québec, Montréal, p. 89.

Bruneau, J.-F. (1999a). Évaluation de deux dispositifs de pré-signalement d'arrêt pour autobus scolaire : le système à huit feux et les feux de détresse. TP 13346F, Centre de développement des transports, Sécurité et sûreté, Transports Canada, janvier 1999, p. 48.

Bruneau, J.-F. (1999b). Évaluation de deux dispositifs de pré-signalement d'arrêt pour autobus scolaire : le système à huit feux et les feux de détresse. Compte rendu du congrès AQTR /CITE 1999, Montréal, 3 au 5 mai 1999.

Bruneau, J.-F., Morin, D., et Pouliot, M. (2001a). Efficacité du pré-signalement d'arrêt des autobus scolaires dans des conditions difficiles de visibilité : rapport final. Coopératif de recherche en sécurité routière de l'Université de Sherbrooke, Sherbrooke, p. 55.

Bruneau, J.-F., Morin, D., et Pouliot, M. (2001b). Efficacité du pré-signalement d'arrêt des autobus scolaires dans des conditions difficiles de visibilité. Compte rendu du 36^{e} Congrès annuel de l'AQTR : Les transports, de la technique au politique, Laval, 1er au 3 avril 2001.

Bruneau, J.-F., Morin, D., et Pouliot, M. (2002). Efficacité du pré-signalement d'arrêt scolaire avec feux jaunes et avec feux de détresse. Canadian Journal of Civil Engineering, 29, p. 475-483.

Center for Urban Transportation Research (1996). Illegal Passing of Stopped School Buses in Florida. Final report, CUTR, College of Engineering, University of South Florida, Tampa, Florida, p. 40.

Center for Urban Transportation Research (1997). Motorist Comprehension of Florida's School Bus Stop Law and School Bus Signalization Devices. Final report, CUTR, College of Engineering, University of South Florida, Tampa, Florida, p. 37.

Conseil National des Transports (1998). Sécurité des transports d'enfants. Rapport 1997-1998. Conseil National des Transports, Paris, France, p. 2.

Conseil National des Transports (1999). Groupe de travail permanent sur la sécurité des transports d'enfants. Rapport annuel 1998/1999. Conseil National des Transports, Paris, France, p. 93.

Cyr, G. (1995). Préavis de mise en marche des feux rouges intermittents sur les autobus scolaires. Société de l'assurance automobile du Québec, Service de la sécurité et de l'ingénierie des véhicules, Québec, p. 16.

Fernández, R. (1999). Design of bus-stop priorities. Traffic Engineering and Control, 40 (6), p. 335-340.

Fleck, J. L., Smith, B. B. (1999). Can We Make Red-Light Runners Stop? Red-Light Photo Enforcement in San Francisco, California. Transportation Research Record 1693, Paper No. 99-1264, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., USA, p. 46-49.

Gardner, B. et Ste Marie, S. (1998). Résumé des collisions mettant en cause des autobus scolaires (Canada 1989-1997). TP 13412F, Sécurité et sûreté, Transports Canada, Sécurité routière.

Gauthier, C. (2001). Written communication, National Association of State Directors of Pupil Transportation Services, McLean, VA.

Green, S. D. (2000). A Brighter Shade of Safety. Traffic Safety, National Safety Council, IL, USA, p. 12-13.

Guérette, C. (1998). Compilation spéciale. Centre de développement des transports, Transports Canada.

Hale, A., Shapiro, R.G., Blomberg, R.D. and Kearney, E.F. (1983). Development and Test of Rural Pedestrian Countermeasures. Final Report DOT HS-806 518, U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, D.C., p. 170.

Hirano, S. (1999). New Focus on Safety in the Next Millennium. School Bus Fleet, 45 (6), p. 30-36.

Hirano, S. (2000). How to Put the Brakes on Stop-Arm Runners. School Bus Fleet, 46 (3), p. 32.

Kinney. R. (1988). Presentation of California's School Pupil Loading and Unloading. National Research Council, Transportation Research Board, School Bus Safety Committee, p. 18.

Lemay, P. (1997). Protocole d'essai. Effets sur la circulation automobile d'un pré-signalement d'arrêt installé sur un autobus scolaire, Transports Canada.

McClafferty, K., Bruneau, J.-F., Chan, J., Guérette, C., Pepper, C., White, J. (2001). The School Bus Warning Lights Study. The Official Newsletter of the Canadian Association of Road Safety Professionals, February, p. 4-5.

Ministère des Transports de l'Ontario (1987). Survey of illegal passing of school buses, May/June 1987. SCDO-89-101. Safety Coordination and Development Office, Ministère des Transports de l'Ontario.

Ministère des Transports de l'Ontario (1997). Mini Review of School Vehicule Crash Information - With Emphasis on Death and Injury of School Pupils (1988-1995). Safety Research Office, Safety Policy Branch, Ministère des Transports de l'Ontario, p. 15.

Ministère des Transports du Québec (1998). Normes. Ouvrages routiers. Conception routière, Tome I, Chap. 7, Distance de visibilité. Ministère des Transports du Québec, p. 23.

National Center for Statistics and Analysis, Research and Development (1999). Traffic Safety Facts 1998: School Buses. United States Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS 808 959, Washington, D.C., USA, p. 4.

National Center for Statistics and Analysis, Research and Development (2000). Traffic Safety Facts 1999 : School buses. United States Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS 809 095, Washington, D.C., USA, p. 4.

Pichette, F. (1992). Victimes d'accidents d'autobus scolaire en période scolaire, 1982-1991. Société de l'assurance automobile du Québec, Direction des études et analyses, Québec, p. 10.

Porter, B. E., England, K. J. (2000). Predicting Red-Light Running Behavior: A Traffic Safety Study in Three Urban Settings. Journal of Safety Research, 31 (1), Pergamon Press, Tarrytown, N.Y., p. 1-8.

Price Waterhouse Coopers (1999). Consultation sur la sécurité des autobus au Québec. Résumé des débats, Québec, Québec, 15 juin, 2000, p. 54.

Rédaction européenne (2000). France : Homologation du pictogramme à éclairement. Sécurité, 3 (3), p. 8.

Sanchez de Muniain, J. M. (2000). Will the school bus be effective in reducing school-run congestion? Traffic Engineering and Control, 41 (8), p. 298-301.

School Bus Fleet (2000). Pupil Transportation Statistics. School Bus Fleet, 46 (1), p. 29-30.

School Bus Fleet (2000). Pupil Transportation Statistics. School Bus Fleet, 47 (1), p. 29-66.

Société de l'assurance automobile du Québec (1994). Enquêtes et données d'accidents. Accidents concomitants à l'utilisation des feux intermittents 1989-1993. Société de l'assurance automobile du Québec, Québec, p. 2.

Thibeault, J. (1998). Pré-signalement de l'arrêt d'un autobus scolaire. Communication écrite, Ministère des Transports du Québec, Montréal, p. 6.

Transportation Research Board (1989). Improving School Bus Safety. Special Report 222, National Research Council, Washington, D.C., p. 215.

Transports Canada (2001). Bus Safety Consultations – Final Report. Transports Canada, Safety and Security, Road Safety, TP 13713E, February 2001, p. 40.

Transports Canada (2001). Consultations sur la sécurité des autobus et des autocars - Rapport final. Transports Canada, Sécurité et sûreté, Sécurité routière, TP 13713F, février 2001, p. 40.

ANNEXE A

Formules de collecte des données

# Parcours : _____/_____	Aspect : Nez allongé ❑ Nez plat ❑	Luminosité :
Période : AM ❑ PM ❑	Pré-signal : Feux jaunes ❑ Hazard ❑	1: ____/____
Élèves : Maternelle ❑ Primaire ❑ Secondaire	Total Km / Arrêts : _____/_____	2: ____/____
Journée : Lun ❑ Mar ❑ Mer ❑ Jeu ❑ Ven ❑	JJ / MM / AA : ____/____/____	Moy : ___/___

Km Départ : _____ Km Arrivée : _____ Taux d'occupation : _____/_____ passagers

# Arrêt		Vitesse affichée	Milieu	Environnement	Voies		Distance visibilité	Pente		Courbe	Permission	Élèves (Nb)	Nom arrêt ou route
Auj	Total		Rur / Urb	Res / Com	Autobus / Adjacent			Autobus / Adjacent			Oui / Non		
1	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
2	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
3	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
4	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
5	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
6	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
7	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
8	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
9	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
10	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
11	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
12	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
13	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
14	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
15	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
16	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
17	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
18	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
19	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
20	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
21	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
22	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
23	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
24	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
25	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
26	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
27	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
28	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
29	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____
30	___	____	❑ ❑ ❑	❑ ❑	____	____	____	____	____	____	❑ ❑	____	_____

Modifié le 24-03-2000 par J.-F. Bruneau

Figure A.1 Fiche - paramètres liés à l'environnement routier

Pré-signalement des autobus scolaires - OBSERVATIONS (Modifié le 25-07-2000 par J.-F. Bruneau)

Date : _____ / _____ / _____ NOSEQ : _____

Bus / # Route / # Arrêt : _____ / _____ / _____

Arrêt rapproché ❑ Distance pré-signal : _____ m

Véhicule en croisement au pré-signal ❑

Temps : Beau ❑ Nuage ❑ Brume ❑ Bruine ❑ Pluie ❑ Neige

Chaussée : Sec ❑ Mouillé ❑ Enneigé ❑ Glacé ❑

Repères : T_A : _____ : _____ : _____

T_C : _____ : _____ : _____

T_E : _____ : _____ : _____

Temps de : Pré-signal / Arrêt : _____ s / _____ s

véhicules : Pré-signal / Arrêt : _____ veh / _____ veh

Total véhicules : _____ veh

Encercler véh. de tête →	Bus	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Heure d'apparition →	-						
Dist. TA	-						
Dist. TB	-						
Temps écoulé de TA à :	Arrête	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:
	Passe	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:
Dist. TC	-						
Dist. TD	-						
Dist. TE	-						
Temps écoulé de TC à :	Arrête	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:
	Passe	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:	❑s:
Action au pré-signal	Ralentit	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	Garde vitesse	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	Accélère	❑	❑	❑	❑	❑	❑
Action à l'arrêt	Ralentit	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	Garde vitesse	❑	❑	❑	❑	❑	❑
	Accélère	❑	❑	❑	❑	❑	❑
-3 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
-2 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
-1 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
0 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
1 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
2 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
3 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
4 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
5 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
6 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
7 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
8 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
9 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |
10 s	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |

Figure A.2 Feuille d'observation

ANNEXE B

Nombre d'automobilistes venant en sens contraire (observations)

Tableau B.1 Automobilistes à contresens, selon l'heure du jour

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Heure du jour	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Avant-midi	764	48,0 %	596	47,9 %	1 360	47,9 %
Après-midi	829	52,0 %	649	52,1 %	1 478	52,1 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.2 Automobilistes à contresens, selon le jour de la semaine

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Jour de la semaine	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Lundi	297	18,6 %	189	15,2 %	486	17,1 %
Mardi	408	25,6 %	277	22,2 %	685	24,1 %
Mercredi	313	19,6 %	272	21,8 %	585	20,6 %
Jeudi	321	20,2 %	281	22,6 %	602	21,2 %
Vendredi	254	15,9 %	226	18,2 %	480	16,9 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.3 Automobilistes à contresens, selon la vitesse affichée

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Vitesse affichée	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
50 km/h	123	7,7 %	121	9,7 %	244	8,6 %
70 km/h	89	5,6 %	175	14,1 %	264	9,3 %
80 km/h	1 271	79,8 %	484	38,9 %	1 755	61,8 %
90 km/h	110	6,9 %	465	37,3 %	575	20,3 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.4 Automobilistes à contresens, selon la zone

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Zone	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Rurale	1 285	80,7 %	503	40,4 %	1 788	63,0 %
Périurbaine	308	19,3 %	742	59,6 %	1 050	37,0 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.5 Automobilistes à contresens, selon l'utilisation du terrain

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Utilisation du terrain	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Résidentielle	1 447	90,8 %	1 157	92,9 %	2 604	91,8 %
Commerciale	146	9,2 %	88	7,1 %	234	8,2 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.6 Automobilistes à contresens, selon le nombre de voies à contresens

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Nombre de voies à contresens	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
1	601	37,7 %	718	57,7 %	1 319	46,5 %
2	992	62,3 %	527	42,3 %	1 519	53,5 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.7 Automobilistes à contresens, selon la pente de la route

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Pente	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Aucune (route plate)	1 239	77,8 %	281	22,6 %	1 520	53,6 %
Légère (environ 1-3 %)	295	18,5 %	831	66,7 %	1 126	39,7 %
Moyenne (environ 4-6 %)	59	3,7 %	107	8,6 %	166	5,8 %
Forte (environ ≥7 %)	0	0,0 %	26	2.1 %	26	0,9 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.8 Automobilistes à contresens, selon la pente de la route devant l'autobus

Pente	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
devant l'autobus	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Aucune (route plate)	1 239	77,8 %	281	22,6 %	1 520	53,6 %
Autobus en montée	312	19,6 %	505	40,6 %	817	28,8 %
Autobus descente	42	2,6 %	459	36,9 %	501	17,7 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.9 Automobilistes à contresens, selon la pente de la route devant le véhicule

Pente de la route	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
devant le véhicule	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Aucune (route plate)	1 125	70,6 %	292	23,5 %	1 417	49,9 %
Véhicule en montée	75	4,7 %	418	33,6 %	493	17,4 %
Véhicule en descente	393	24,7 %	535	43,0 %	928	32,7 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.10 Automobilistes à contresens, selon la géométrie de la route

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Géométrie de la route	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Droite	1 541	96,7 %	927	74,5 %	2 468	87,0 %
Courbe légère	48	3,0 %	205	16,5 %	253	8,9 %
Courbe prononcée	4	0,3 %	113	9,1 %	117	4,1 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.11 Automobilistes à contresens, selon le marquage de la ligne médiane (dépassement permis)

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Dépassement, véhicule à contresens	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Permis	252	15,8 %	625	50,2 %	877	30,9 %
Non permis	1 341	84,2 %	620	49,8 %	1 961	69,1 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.12 Automobilistes à contresens, selon l'action des écoliers

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Traversée de la chaussée	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Non	1 189	74,6 %	1,088	87,4 %	2,277	80,2 %
Oui	404	25,4 %	157	12,6 %	561	19,8 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.13 Automobilistes à contresens, selon la visibilité minimale au point d'arrêt

Visibilité minimale au point d'arrêt	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
0 - 90 m	0	0,0 %	82	6,6 %	82	2,9 %
100 - 199 m	22	1,4 %	171	13,7 %	193	6,8 %
200 - 299 m	66	4,1 %	185	14,9 %	251	8,8 %
300 - 399 m	45	2,8 %	207	16,6 %	252	8,9 %
400 - 499 m	261	16,4 %	72	5,8 %	333	11,7 %
≥500 m	1 199	75,3 %	528	42,4 %	1 727	60,9 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.14 Automobilistes à contresens, selon la luminosité mesurée à la fenêtre de l'autobus

Luminosité mesurée à la fenêtre de l'autobus	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Sombre (1,25-4,99)	43	2,7 %	136	10,9 %	179	6,3 %
Faible (5,00-9,99)	208	13,1 %	524	42,1 %	732	25,8 %
Modérée (10,00-14,99)	858	53,9 %	573	46,0 %	1 431	50,4 %
Élevée (≥15,00)	484	30,4 %	12	1,0 %	496	17,5 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.15 Automobilistes à contresens, selon la saison

Saison	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Automne	872	54,7 %	556	44,7 %	1 428	50,3 %
Printemps	721	45,3 %	689	55,3 %	1 410	49,7 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.16 Automobilistes à contresens, selon la surface de la route

État de la chaussée	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Sèche	946	59,4 %	586	47,1 %	1 532	54,0 %
Mouillée	481	30,2 %	457	36,7 %	938	33,1 %
Enneigée/glacée	166	10,4 %	202	16,2 %	368	13,0 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.17 Automobilistes à contresens, selon les conditions météorologiques

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Conditions météorologiques	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
Dégagé	453	28,4 %	547	43,9 %	1 000	35,2 %
Nuageux	841	52,8 %	337	27,1 %	1 178	41,5 %
Brouillard	116	7,3 %	11	0,9 %	127	4,5 %
Pluie/bruine	91	5,7 %	219	17,6 %	310	10,9 %
Neige	92	5,8 %	131	10,5 %	223	7,9 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.18 Automobilistes à contresens, selon la durée d'exposition au pré-signal

Durée d'exposition	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
du véhicule	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
3-5 secondes	27	1,7 %	82	6,6 %	109	3,8 %
6-10 secondes	827	51,9 %	640	51,4 %	1 467	51,7 %
11-15 secondes	707	44,4 %	472	37,9 %	1 179	41,5 %
≥16 secondes	32	2,0 %	51	4,1 %	83	2,9 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.19 Automobilistes à contresens, selon la durée du pré-signal

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Durée du pré-signal	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
3-5 secondes	10	0,6 %	22	1,8 %	32	1,1 %
6-10 secondes	796	50,0 %	561	45,1 %	1 357	47,8 %
11-15 secondes	752	47,2 %	579	46,5 %	1 331	46,9 %
≥16 secondes	35	2,2 %	83	6,7 %	118	4,2 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.20 Automobilistes à contresens, selon la circulation au moment de l'activation du pré-signal

N^{bre} de véhicules en vue	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
au pré-signal	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
1 véhicule	423	26,6 %	316	25,4 %	739	26,0 %
2 véhicules	350	22,0 %	301	24,2 %	651	22,9 %
3 véhicules	280	17,6 %	235	18,9 %	515	18,1 %
4 véhicules	202	12,7 %	160	12,9 %	362	12,8 %
≥5 véhicules	338	21,2 %	233	18,7 %	571	20,1 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.21 Automobilistes à contresens, selon la distance parcourue durant le pré-signal

Distance parcourue	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
durant le pré-signal	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
1-49 m	119	7,5 %	156	12,5 %	275	9,7 %
50-99 m	842	52,9 %	612	49,2 %	1 454	51,2 %
100-149 m	581	36,5 %	343	27,6 %	924	32,6 %
≥150 m	51	3,2 %	134	10,8 %	185	6,5 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.22 Automobilistes à contresens, selon volume total de circulation (pré-signal et signal d'arrêt combinés)

Volume total	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
de circulation	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
1-2 véhicule(s)	751	47,1 %	261	21,0 %	1 012	35,7 %
3-5 véhicules	593	37,2 %	481	38,6 %	1 074	37,8 %
≥6 véhicules	249	15,6 %	503	40,4 %	752	26,5 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.23 Distance de l'autobus au début du pré-signal (TA)

	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
Distance de l'autobus à TA	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
100-199 m	672	42,2 %	567	45,5 %	1 239	43,7 %
200-299 m	511	32,1 %	369	29,6 %	880	31,0 %
300-399 m	263	16,5 %	172	13,8 %	435	15,3 %
≥400 m	109	6,8 %	99	8,0 %	208	7,3 %
Inconnue	38	2,4 %	38	3,1 %	76	2,7 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

Tableau B.24 Distance autobus-véhicule au début du signal d'arrêt (TC)

Distance autobus-véhicule	Feux rouges		Feux jaunes		Total	
au début de TC	Véh.	%	Véh.	%	Véh.	%
1-19 m	82	5,1 %	109	8,8 %	191	6,7 %
20-39 m	178	11,2 %	105	8,4 %	283	10,0 %
40-59 m	182	11,4 %	99	8,0 %	281	9,9 %
60-79 m	174	10,9 %	75	6,0 %	249	8,8 %
80-100 m	159	10,0 %	60	4,8 %	219	7,7 %
≥101 m	336	21,1 %	135	10,8 %	471	16,6 %
Dépassé ou distance inconnue	482	30,3 %	662	53,2 %	1 144	40,3 %
Total	1 593	100,0 %	1 245	100,0 %	2 838	100,0 %

ANNEXE C

Taux de ralentissement et efficacité à faire ralentir les automobilistes

Tableau C.1 Efficacité à faire ralentir les automobilistes, selon 82 conditions routières

	Feux rouges (FR)				Feux jaunes (FJ)				Efficacité des FJ		
	Ral.	Véh.	Exp.	Taux	Ral.	Véh.	Exp.	Ratio	à faire ralentir		
Condition	(a^1)	(b^1)	(E^1)	(R^1)	(a^2)	(b^2)	(P^2)	(R^2)	RR	p	E(%)
Toutes conditions	482	830	516	0,9	720	1 105	686	1,0	0,89	,05	11
Avant-midi	259	423	272	1,0	347	518	334	1,0	0,91	-	9
Après-midi	223	407	244	0,9	373	587	352	1,1	0,86	-	14
Lundi	86	158	93	0,9	110	174	103	1,1	0,86	-	14
Mardi	111	199	123	0,9	171	256	159	1,1	0,84	-	16
Mercredi	93	171	104	0,9	161	245	150	1,1	0,83	-	17
Jeudi	108	161	110	1,0	173	249	171	1,0	0,97	-	3
Vendredi	84	141	83	1,0	105	181	106	1,0	1,03	-	-3
≤60 km/h	68	90	66	1,0	77	108	79	1,0	1,06	-	-6
70 km/h	46	56	37	1,2	95	156	104	0,9	1,35	-	-35
80 km/h	290	575	325	0,9	269	415	234	1,1	0,78	,01	22
90 km/h	78	109	73	1,1	279	426	284	1,0	1,09	-	-9
Rurale	422	676	430	1,0	299	457	291	1,0	0,95	-	5
Périurbaine	60	154	92	0,6	421	648	389	1,1	0,60	,01	40
Résidentielle	452	771	479	0,9	665	1 026	638	1,0	0,90	-	10
Commerciale	30	59	36	0,8	55	79	49	1,1	0,73	-	27
1 voie à contresens	316	436	300	1,1	431	650	447	1,0	1,09	-	-9
2 voies à contresens	166	394	211	0,8	289	455	244	1,2	0,66	,01	34
Route plate	377	645	386	1,0	161	255	152	1,1	0,93	-	7
Pente légère	86	154	102	0,8	502	734	486	1,0	0,82	-	18
Pente moyenne	19	31	15	1,2	45	98	49	0,9	1,33	-	-33
Pente forte	0	0	0	-	12	18	12	1,0	-	-	-
Bus en montée	88	158	98	0,9	284	440	274	1,0	0,86	-	14
Bus en descente	17	27	18	0,9	275	410	274	1,0	0,94	-	6
Véh. en montée	25	36	24	1,0	245	372	246	1,0	1,05	-	-5
Véh. en descente	107	205	126	0,9	306	468	287	1,1	0,80	,04	20
Droite	457	793	498	0,9	557	821	516	1,1	0,85	,01	15
Courbe légère	23	35	21	1,1	111	187	113	1,0	1,11	-	-11
Courbe prononcée	2	2	1	1,8	52	97	53	1,0	1,87	-	-87
Dépass. permis	118	158	108	1,1	376	563	386	1,0	1,12	-	-12
Dépass. interdit	364	672	392	0,9	344	542	316	1,1	0,85	,03	15
Pas de traversée	350	590	374	0,9	637	965	613	1,0	0,90	-	10
Traversée	132	240	136	1,0	83	140	79	1,0	0,93	-	7

	Feux rouges (FR)				Feux jaunes (FJ)				Efficacité des FJ		
	Ral.	Véh.	Exp.	Taux	Ral.	Véh.	Exp.	Ratio	à faire ralentir		
Condition	(a^1)	(b^1)	(E^1)	(R^1)	(a^2)	(b^2)	(P^2)	(R^2)	RR	p	E(%)
Visib. 0-99 m	0	0	0	-	42	74	42	1,0	-	-	-
Visib. 100-199 m	7	12	7	1,0	87	148	87	1,0	0,99	-	1
Visib. 200-299 m	36	47	33	1,1	112	162	115	1,0	1,11	-	-11
Visib. 300-399 m	23	29	19	1,2	116	188	120	1,0	1,29	-	-29
Visib. 400-499 m	67	109	67	1,0	41	66	41	1,0	0,99	-	1
Visib. ≥500 m	349	633	386	0,9	322	467	285	1,1	0,80	,01	20
Sombre	37	43	29	1,3	72	120	80	0,9	1,43	-	-43
Luminosité faible	86	125	88	1,0	331	467	329	1,0	0,97	-	3
Luminosité moy.	235	408	244	1,0	315	511	306	1,0	0,93	-	7
Luminosité élevée	124	254	123	1,0	2	7	3	0,6	1,71	-	-71
Automne	270	404	268	1,0	329	498	331	1,0	1,01	-	-1
Printemps	212	426	249	0,9	391	607	354	1,1	0,77	,01	23
Sèche	271	502	293	0,9	328	524	306	1,1	0,86	-	14
Mouillée	140	224	148	0,9	284	416	276	1,0	0,92	-	8
Enneigée/glacée	71	104	69	1,0	108	165	110	1,0	1,04	-	-4
Dégagé	128	242	142	0,9	290	470	276	1,1	0,86	-	14
Nuageux	265	448	281	0,9	216	318	200	1,1	0,87	-	13
Brouillard	37	54	35	1,1	4	9	6	0,7	1,54	-	-54
Pluie/bruine	27	47	31	0,9	133	194	129	1,0	0,84	-	16
Neige	25	39	26	1,0	77	114	76	1,0	0,95	-	5
Exposition 3-5 s	6	13	10	0,6	49	57	45	1,1	0,54	-	46
Exposition 6-10 s	276	450	294	0,9	385	563	367	1,0	0,90	-	10
Exposition 11-15 s	177	337	191	0,9	261	437	247	1,1	0,88	-	12
Exposition ≥16 s	23	30	18	1,2	25	48	30	0,8	1,47	-	-47
Pré-sign. 1-5 s	3	5	4	0,7	17	18	16	1,1	0,64	-	36
Pré-sign. 6-10 s	263	433	275	1,0	315	476	303	1,0	0,92	-	8
Pré-sign. 11-15 s	191	359	213	0,9	338	533	316	1,1	0,84	,05	16
Pré-sign. ≥16 s	25	33	22	1,1	50	78	53	0,9	1,18	-	-18
1 véhicule	204	290	213	1,0	204	266	195	1,0	0,92	-	8
2 véhicules	144	228	147	1,0	176	267	173	1,0	0,96	-	4
3 véhicules	69	131	76	0,9	131	212	124	1,1	0,85	-	15
4 véhicules	28	81	42	0,7	91	150	77	1,2	0,57	,01	43
≥5 véhicules	37	100	50	0,7	118	210	105	1,1	0,66	,03	34
Pré-sign. 1-49 m	51	75	58	0,9	110	133	103	1,1	0,82	-	18
Pré-sign. 50-99 m	254	433	275	0,9	357	530	336	1,1	0,87	-	13
Pré-sign. 100-149m	147	282	153	1,0	178	318	172	1,0	0,93	-	7
Pré-sign. ≥150 m	30	40	26	1,2	75	124	79	0,9	1,24	-	-24

	Feux rouges (FR)				Feux jaunes (FJ)				Efficacité des FJ		
	Ral.	Véh.	Exp.	Taux	Ral.	Véh.	Exp.	Ratio	à faire ralentir		
Condition	(a^1)	(b^1)	(E^1)	(R^1)	(a^2)	(b^2)	(P^2)	(R^2)	RR	p	E(%)
1-2 véhicule(s)	336	499	346	1,0	170	230	160	1,1	0,91	-	9
3-5 véhicules	122	252	153	0,8	290	425	259	1,1	0,71	,01	29
≥6 véhicules	24	79	42	0,6	260	450	242	1,1	0,53	,01	47
Pos.TA 100-199 m	231	416	217	1,1	264	534	278	0,9	1,12	-	-12
Pos.TA 200-299 m	156	246	176	0,9	260	335	240	1,1	0,82	,05	18
Pos.TA 300-399 m	45	86	61	0,7	118	145	102	1,2	0,64	.01	36
Pos.TA ≥400 m	33	51	40	0,8	72	82	65	1,1	0,74	-	26
Pos.TC 1-19 m	51	57	54	0,9	104	106	101	1,0	0,91	-	9
Pos.TC 20-39 m	86	101	92	0,9	98	100	92	1,1	0,87	-	13
Pos.TC 40-59 m	89	100	93	1,0	86	88	82	1,0	0,91	-	9
Pos.TC 60-79 m	74	88	78	0,9	62	65	58	1,1	0,88	-	12
Pos.TC 80-100 m	37	61	46	0,8	44	47	35	1,2	0,65	,05	35
Pos.TC ≥101 m	58	123	76	0,8	64	74	46	1,4	0,55	,01	45

E^1 : Valeur attendue pour le groupe 1 : $E^1 = b^1 (a^1 + a^2) / (b^1 + b^2)$
R^1 : Ratio pour le groupe 1 : $R^1 = (a^1 / a^1 + a^2) / (b^1 / b^1 + b^2)$
RR : Ratio de risque relatif : $RR = R^1 / R^2$
E (%) : Indice d'efficacité $E\ (\%) = (1 - RR) * 100$
p : Valeur *p* du chi-carré pour les «fréquences observées par rapport aux fréquences attendues»

ANNEXE D

Taux d'infractions à l'arrêt

Tableau D.1 Efficacité à réduire les infractions à l'arrêt, selon 82 conditions routières

	Feux rouges (FR)				Feux jaunes (FJ)				Taux de réduction	
Condition	Dépas	Exp.	Véh.	%	Dépas	Exp.	Véh.	%	FR-FJ	p
Toutes conditions	68	58	1 593	4,3	35	45	1 245	2,8	1,5	,04
Avant-midi	25	19	764	3,3	8	14	596	1,3	1,9	,02
Après-midi	43	39	829	5,2	27	31	649	4,2	1,0	-
Lundi	18	15	297	6,1	7	10	189	3,7	2,4	-
Mardi	9	10	408	2,2	8	7	277	2,9	-0,7	-
Mercredi	16	12	313	5,1	7	11	272	2,6	2,5	-
Jeudi	13	11	321	4,0	7	9	281	2,5	1,6	-
Vendredi	12	10	254	4,7	6	8	226	2,7	2,1	-
≤60 km/h	0	1	123	0,0	1	0	121	0,8	-0,8	-
70 km/h	0	1	89	0,0	4	3	175	2,3	-2,3	-
80 km/h	55	57	1 271	4,3	24	22	484	5,0	-0,6	-
90 km/h	13	4	110	11,8	6	15	465	1,3	10,5	,01
Rurale	56	47	1 285	4,4	9	18	503	1,8	2,6	,01
Périurbaine	12	11	308	3,9	26	27	742	3,5	0,4	-
Résidentielle	61	53	1 447	4,2	35	43	1 157	3,0	1,2	-
Commerciale	7	4	146	4,8	0	3	88	0,0	4,8	,04
1 voie à contresens	13	10	601	2,2	8	11	718	1,1	1,0	-
2 voies à contresens	55	54	992	5,5	27	28	527	5,1	0,4	-
Route plate	60	56	1 239	4,8	9	13	281	3,2	1,6	-
Pente légère	8	8	295	2,7	24	24	831	2,9	-0,2	-
Pente moyenne	0	1	59	0,0	2	1	107	1,9	-1,9	-
Pente forte	0	0	0	-	0	0	26	0,0	-	-
Bus en montée	8	8	312	2,6	14	14	505	2,8	-0,2	-
Bus en descente	0	1	42	0,0	12	11	459	2,6	-2,6	-
Véh. en montée	0	2	75	0,0	13	11	418	3,1	-3,1	-
Véh. en descente	15	12	393	3,8	14	17	535	2,6	1,2	-
Route droite	66	57	1 541	4,3	25	34	927	2,7	1,6	,05
Courbe légère	2	1	48	4,2	4	5	205	2,0	2,2	-
Courbe prononcée	0	0	4	0,0	6	6	113	5,3	-5,3	-
Dépass. permis	2	3	252	0,8	8	7	625	1,3	-0,5	-
Dépass. interdit	66	64	1 341	4,9	27	29	620	4,4	0,6	-
Pas de traversée	59	45	1 189	5,0	28	42	1 088	2,6	2,4	,01
Traversée	9	12	404	2,2	7	4	157	4,5	-2,2	-

Condition	Feux rouges (FR)				Feux jaunes (FJ)				Taux de réduction	
	Dépas	Exp.	Véh.	%	Dépas	Exp.	Véh.	%	FR-FJ	p
Visib. 0-99 m	0	0	0	-	2	2	82	2,4	-	-
Visib. 100-199 m	1	1	22	4,5	7	7	171	4,1	0,5	-
Visib. 200-299 m	1	2	66	1,5	7	6	185	3,8	-2,3	-
Visib. 300-399 m	0	1	45	0,0	5	4	207	2,4	-2,4	-
Visib. 400-499 m	9	9	261	3,4	2	2	72	2,8	0,7	-
Visib. ≥500 m	57	48	1 199	4,8	12	21	528	2,3	2,5	,02
Sombre	2	3	43	4,7	9	8	136	6,6	-2,0	-
Luminosité faible	11	6	208	5,3	10	15	524	1,9	3,4	,01
Luminosité moy.	38	32	858	4,4	16	22	573	2,8	1,6	-
Luminosité élevée	17	17	484	3,5	0	0	12	0,0	3,5	-
Automne	47	42	872	5,4	21	26	556	3,8	1,6	-
Printemps	21	18	721	2,9	14	17	689	2,0	0,9	-
Sèche	44	37	946	4,7	16	23	586	2,7	1,9	-
Mouillée	19	16	481	4,0	12	15	457	2,6	1,3	-
Enneigée/glacée	5	5	166	3,0	7	7	202	3,5	-0,5	-
Dégagé	23	18	453	5,1	16	21	547	2,9	2,2	-
Nuageux	32	29	841	3,8	9	12	337	2,7	1,1	-
Brouillard	7	6	116	6,0	0	1	11	0,0	6,0	-
Pluie/bruine	2	1	91	2,2	2	3	219	0,9	1,3	-
Neige	4	5	92	4,3	8	7	131	6,1	-1,8	-
Exposition 3-5 s	1	1	27	3,7	2	2	82	2,4	1,3	-
Exposition 6-10 s	28	32	827	3,4	28	24	640	4,4	-1,0	-
Exposition 11-15 s	39	26	707	5,5	5	18	472	1,1	4,5	,01
Exposition ≥16 s	0	0	32	0,0	0	0	51	0,0	0,0	-
Pré-sign. 1-5 s	1	1	10	10,0	1	1	22	4,5	5,5	-
Pré-sign. 6-10 s	23	27	796	2,9	23	19	561	4,1	-1,2	-
Pré-sign. 11-15 s	43	30	752	5,7	10	23	579	1,7	4,0	,01
Pré-sign. ≥16 s	1	1	35	2,9	1	1	83	1,2	1,7	-
1 véhicule	13	11	423	3,1	6	8	316	1,9	1,2	-
2 véhicules	12	12	350	3,4	11	11	301	3,7	-0,2	-
3 véhicules	14	11	280	5,0	7	10	235	3,0	2,0	-
4 véhicules	8	7	202	4,0	4	5	160	2,5	1,5	-
≥5 véhicules	21	17	338	6,2	7	11	233	3,0	3,2	-
Pré-sign. 1-49 m	4	5	119	3,4	7	6	156	4,5	-1,1	-
Pré-sign. 50-99 m	35	32	842	4,2	21	24	612	3,4	0,7	-
Pré-sign. 100-149m	26	19	581	4,5	5	12	343	1,5	3,0	,02
Pré-sign. ≥150 m	3	1	51	5,9	2	4	134	1,5	4,4	-

	Feux rouges (FR)				Feux jaunes (FJ)				Taux de réduction	
Condition	Dépas	Exp.	Véh.	%	Dépas	Exp.	Véh.	%	FR-FJ	p
1-2 véhicule(s)	22	19	751	2,9	4	7	261	1,5	1,4	-
3-5 véhicules	25	23	593	4,2	16	18	481	3,3	0,9	-
≥6 véhicules	21	12	249	8,4	15	24	503	3,0	5,5	,01
Pos.TA 100-199 m	11	10	672	1,6	7	8	567	1,2	0,4	-
Pos.TA 200-299 m	23	23	511	4,5	17	17	369	4,6	-0,1	-
Pos.TA 300-399 m	19	15	263	7,2	6	10	172	3,5	3,7	-
Pos.TA ≥400 m	8	6	109	7,3	3	5	99	3,0	4,3	-
Pos.TC 1-19 m	12	10	82	14,6	11	13	109	10,1	4,5	-
Pos.TC 20-39 m	16	15	178	9,0	8	9	105	7,6	1,4	-
Pos.TC 40-59 m	11	10	182	6,0	4	5	99	4,0	2,0	-
Pos.TC 60-79 m	12	12	174	6,9	5	5	75	6,7	0,2	-
Pos.TC 80-100 m	8	9	159	5,0	5	4	60	8,3	-3,3	-
Pos.TC ≥101 m	9	8	336	2,7	2	3	135	1,5	1,2	-

p : Valeur *p* du test du chi-carré appliqué aux «fréquences observées par rapport aux fréquences attendues»

ANNEXE E

Questionnaire aux chauffeurs d'autobus et fréquence des réponses

Tableau E.1 Province/territoire de résidence?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Ontario	108	67,9	0	0,0
Saskatchewan	51	32,1	0	0,0
Québec	0	0,0	181	100,0
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.2 Avez-vous déjà habité dans une autre province ou un autre territoire?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Oui	29	18,2	-	-
Non	130	81,8	-	-
Total	159	100,0	-	-

Tableau E.3 Avez-vous également conduit un autobus scolaire dans cette province ou dans ce territoire?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Oui	10	6,3	-	-
Non	125	78,6	-	-
Données manquantes	24	15,1	-	-
Total	159	100,0	-	-

Tableau E.4 Combien d'arrêts se trouvent le long de votre trajet?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
1-10 arrêts	39	24,5	-	-
11-20 arrêts	74	46,5	-	-
21-30 arrêts	37	23,3	-	-
30 arrêts ou plus	7	4,4	-	-
Données manquantes	2	1,3	-	-
Total	159	100,0	-	-

Tableau E.5 Quelle est la distance moyenne entre les arrêts situés sur votre trajet?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
1,0 km ou moins	42	26,4	-	-
1,1-2,0 km	32	20,1	-	-
2,1-3,0 km	15	9,4	-	-
3,1-4,0 km	10	6,3	-	-
4,1-5,0 km	11	6,9	-	-
5,0 km ou plus	19	11,9	-	-
Données manquantes	30	18,9	-	-
Total	159	100,0	-	-

Tableau E.6 Vos trajets sont-ils en zones principalement urbaines, rurales ou mixtes?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
Zone urbaine	25	15,7	-	-
Zone rurale	86	54,1	-	-
Zone mixte	47	29,6	-	-
Données manquantes	1	0,6	-	-
Total	159	100,0	-	-

Tableau E.7 Quels feux utilisez-vous comme moyen de pré-signalement?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
Feux rouges clignotants	156	98.1	-	-
Feux jaunes clignotants	1	0,6	98	54,2
Feux de détresse	-	-	78	43,1
Données manquantes	2	1,3	5	2,7
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.8 En moyenne, combien d'arrêts effectuez-vous en présence d'automobilistes?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
20 arrêts ou moins	108	67,9	49	27,1
21-40 arrêts	36	22,6	51	28,2
41-60 arrêts	7	4,4	38	21,0
61 ou plus	-	-	26	14,4
Données manquantes	8	5,0	17	9,4
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.9 Dans quelles circonstances utilisez-vous les feux de pré-signalement?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
Toujours, sans égard à l'endroit ou aux circonstances	130	81,8	150	82,9
Selon l'endroit et les circonstances	29	18,2	29	16,0
Données manquantes	-	-	2	1,1
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.10 Dans quelles circonstances vous abstenez-vous de les utiliser? (plus d'une réponse est possible)

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
Lorsqu'il n'y a aucun véhicule en vue	2	1,3	17	9,4
Lorsqu'il n'y a pas beaucoup de circulation	0	0,0	7	3,9
Lorsque les voies sont séparées par une ligne médiane	2	1,3	8	4,4
Zones urbaines	9	5,7	3	1,7
Zones rurales	1	0,6	6	3,3
Autre	34	21,4	7	3,9
Total	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

Tableau E.11 Avant de faire un arrêt, à quel moment activez-vous les feux de pré-signalement?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
À une distance variable, selon la situation	85	53,5	113	62,4
À un temps variable, selon la situation	31	19,5	50	27,6
À une distance déterminée avant l'arrêt	31	19,5	34	18,8
À un moment déterminé avant l'arrêt	12	7,5	5	2,8
Le plus tôt possible	56	35,2	74	40,9
Après que les véhicules lourds ont passé	44	27,7	36	19,9
Une fois passées les automobiles roulant rapidement	28	17,6	15	8,3
Une fois que tous les véhicules ont passé	5	3,1	1	0,6
Autre, expliquer	29	18,2	9	5,0
Total	N.D.	N.D.	-	-

Tableau E.12 Croyez-vous que les feux clignotants incitent les automobilistes à dépasser l'autobus?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
Non	122	76,7	22	12,2
Oui	8	5,0	131	72,4
Ça dépend	28	17,6	25	13,8
Données manquantes	1	0,6	3	1,7
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.13 Avez-vous déjà observé des situations dangereuses reliées aux feux de pré-signalement?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
Non	102	64,2	129	71,3
Oui	57	35,8	45	24,9
Données manquantes	-	-	7	3,9
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.14 Selon vous, comment les automobilistes comprennent-ils les feux de pré-signalement?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
Très bien	15	9,4	29	16,0
Bien	34	21,4	55	30,4
Compréhension moyenne	64	40,3	70	38,7
Mauvaise compréhension	30	18,9	19	10,5
Très mauvaise compréhension	14	8,8	7	3,9
Données manquantes	2	1,3	1	0,6
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.15 Avez-vous déjà utilisé plus d'un type de feux de pré-signalement?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
Ontario	108	67,9	0	0,0
Québec	0	0,0	181	100,0
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.16 Si vous avez répondu «oui», quel type semble le plus efficace?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N[bre]	%	N[bre]	%
Feux de détresse clignotants rouges	8	5,0	-	-
Feux de signalement clignotants jaunes	1	0,6	-	-
Aucune différence	3	1,9	-	-
Données manquantes	147	92,5	-	-
Total	159	100,0	-	-

Tableau E.17 Normalement, commencez vous à freiner avant d'activer les feux de pré-signalement?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Oui, toujours	45	28,3	58	32,0
Non, jamais	19	11,9	16	8,8
C'est selon l'endroit et les circonstances	94	59,1	101	55,8
Données manquantes	1	0,6	6	3,3
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.18 Croyez-vous que les feux de freinage ont un effet sur les automobilistes?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Non, aucun	23	14,5	6	3,3
Oui, ils ralentissent	126	79,2	156	86,2
Oui, ils accélèrent	2	1,3	7	3,9
Autre	6	3,8	8	4,4
Données manquantes	2	1,3	4	2,2
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.19 Utilisez-vous consciemment cette méthode de préannonce avant d'activer les feux de pré-signalement?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Oui, à l'occasion (quelques fois par jour)	106	66,7	136	75,1
Non, jamais	34	21,4	45	24,9
Données manquantes	19	11,9	-	-
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.20 Signalez-vous vote intention d'arrêter en activant le signal de changement de direction droit (clignotant droit)?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Non, jamais	134	84,3	141	77,9
Oui, toujours	6	3,8	9	5,0
Ça dépend	19	11,9	25	13,8
Données manquantes	-	-	6	3,3
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.21 À votre avis, quelle méthode est plus sécuritaire? Utiliser les feux de pré-signalement ou ne pas les utiliser?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Le pré-signalement est plus sécuritaire	151	95,0	170	93,9
Le pré-signalement est également sécuritaire	2	1,3	6	3,3
Les feux de pré-signalement sont moins sécuritaires	-	-	-	-
Ne sait pas	6	3,8	4	2,2
Données manquantes	-	-	1	0,6
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.22 En plus des feux principaux de pré-signalement, utilisez-vous les feux de détresse de l'autobus comme moyen supplémentaire d'avertissement?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Jamais	121	76,1	-	-
Tout le temps	3	1,9	-	-
Occasionnellement. Quand (expliquer)?	34	21,4	-	-
Données manquantes	1	0,6	-	-
Total	159	100,0	-	-

Tableau E.23 Attendez-vous que la circulation s'arrête avant de laisser descendre des élèves qui doivent traverser la chaussée?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Non, jamais	4	2,5	0	0,0
Oui, toujours	143	89,9	170	93,9
Ça dépend	12	7,5	9	5,0
Données manquantes	-	-	2	1,1
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.24 Sur votre trajet, combien observez-vous de dépassements illégaux par jour?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
0	88	55,3	61	33,7
≤1	32	20,1	53	29,3
>1 et ≤2	21	13,2	37	20,4
>2 et ≤3	9	5,7	12	6,6
>3	9	5,7	18	9,9
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.25 De ce nombre, quelle proportion de dépassements sont selon vous délibérés?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
0 %	22	13,8	34	18,8
1-25 %	18	11,3	44	24,3
26-50 %	14	8,8	25	13,8
51-75 %	2	1,3	13	7,2
76-99 %	12	7,5	15	8,3
100 %	15	9,4	14	7,7
Données manquantes	76	47,8	36	19,9
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.26 Quelle est la proportion de dépassements illégaux par les automobilistes venant en sens inverse?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
0 %	8	5,0	-	-
1-25 %	6	3,8	-	-
26-50 %	15	9,4	-	-
51-75 %	11	6,9	-	-
76-99 %	20	12,6	-	-
100 %	17	10,7	-	-
Données manquantes	82	51,6	-	-
Total	159	100,0	-	-

Tableau E.27 Les feux de pré-signalement devraient-ils être normalisés partout au Canada de sorte que tous les autobus soient équipés identiquement et que les automobilistes puissent mieux interpréter le signal et leurs obligations?

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
Non	8	5,0	7	3,9
Oui, les feux rouges seulement	130	81,8	-	-
Oui, les feux jaunes seulement	8	5,0	124	68,5
Oui, les feux de détresse seulement	-	-	19	10,5
Autres	10	6,3	26	14,4
Données manquantes	3	1,9	5	2,8
Total	159	100,0	181	100,0

Tableau E.28 Plage d'écarts entre les distances minimales et maximales de pré-signalement

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
≤50	34	21,4	-	-
>50 et ≤100	22	13,8	-	-
>100	9	5,7	-	-
Sans objet	94	59,1	-	-
Total	159	100,0	-	-

Tableau E.29 Distance moyenne parcourue durant le pré-signalement

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
≤50	27	17,0	-	-
>50 et ≤100	16	10,1	-	-
>100 et ≤150	12	7,5	-	-
>150	10	6,3	-	-
Sans objet	94	59,1	-	-
Total	159	100,0		

Tableau E.30 Plage d'écarts entre les durées minimales et maximales de pré-signalement

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
≤5 secondes	8	5,0	-	-
>5 et ≤10 secondes	9	5,7	-	-
>10 secondes	5	3,1	-	-
Sans objet	137	86,2	-	-
Total	159	100,0		

Tableau E.31 Durée moyenne de pré-signalement

Réponse	Feux rouges		Feux jaunes	
	N^bre	%	N^bre	%
≤10 secondes	6	3,8	-	-
>10 et ≤20 secondes	12	7,5	-	-
>20 secondes	4	2,5	-	-
Sans objet	137	86,2	-	-
Total	159	100,0		